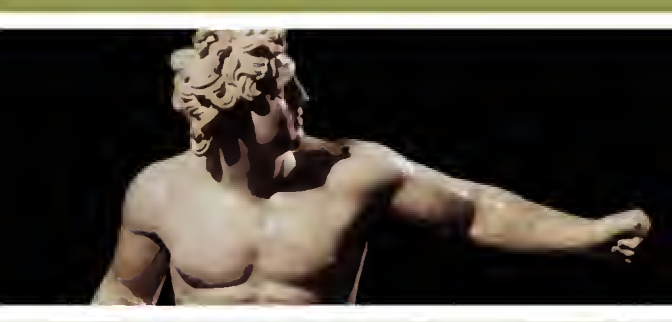
Troisième édition

Anatomie fonctionnelle de l'appareil locomoteur

Os, articulations, muscles



Michel Guay

Les Presses de l'Université de Montréal

ANATOMIE FONCTIONNELLE DE L'APPAREIL LOCOMOTEUR

OS – ARTICULATIONS – MUSCLES



Page laissée blanche

Michel Guay

ANATOMIE FONCTIONNELLE DE L'APPAREIL LOCOMOTEUR

OS – ARTICULATIONS – MUSCLES

Les Presses de l'Université de Montréal

Mise en pages : Alexis Côté

Catalogage avant publication de la Bibliothèque nationale du Canada

Guay, Michel, 1949-
Anatomie fonctionnelle de l'appareil locomoteur
3e édition

Comprend des réf. bibliogr.

ISBN 2-7606-1974-5

1. Appareil locomoteur — Anatomie.
2. Os — Anatomie.
3. Articulations — Anatomie.
4. Muscles — Anatomie.
I. Titre.

QM100.G82 2005 611'.7 C2004-941945-5

Dépôt légal : 1er trimestre 2005
Bibliothèque nationale du Québec

Les Presses de l'Université de Montréal remercient de leur soutien financier le ministère du Patrimoine canadien, le Conseil des Arts du Canada et la Société de développement des entreprises culturelles du Québec (SODEC).

IMPRIMÉ AU CANADA EN JANVIER 2005

L'auteur tient à manifester sa gratitude à l'égard des institutions et des personnes suivantes :

- l'École des sciences de l'activité physique de l'Université Laurentienne et plus particulièrement Mme Georgette Roy, secrétaire ;
- le Département d'éducation physique de l'Université de Montréal et plus particulièrement M. Claude Chapleau, coauteur des deux premières éditions et ancien professeur à cette institution ;
- Mmes Mia Rauhala et Colette Thériault pour la réalisation des illustrations ;
- Mme Denise Ouelette, coordinatrice du Consortium national de formation en santé de l'Université Laurentienne, et M. Raymond Sansoucy, président de la compagnie Équipement de conditionnement physique Atlantis, pour leur contribution financière.

Je tiens à remercier aussi Mme Lise Blanchard, ma conjointe, pour sa participation et ses encouragements au cours de la réalisation de cet ouvrage.

À tous et à chacun, un grand merci.

M.G.

Page laissée blanche

CHAPITRE 1

Introduction

LE MOT ANATOMIE est d'origine grecque : *ana* signifie « de bas en haut » et *tomie*, « couper ». L'anatomie est la science des structures organisées, chez l'homme et l'animal. Les multiples facettes de l'anatomie font de cette science la base de la plupart des disciplines cliniques. Autrefois surtout axée sur la morphologie, elle se tourne de plus en plus vers l'aspect fonctionnel, c'est-à-dire la physiologie. Le spécialiste de la science anatomique se nomme anatomiste.

Histoire de l'anatomie

Selon Hole et Koos (1991) et Van de Graaff (1988), la science de l'anatomie humaine s'est développée parallèlement à la médecine et a été fortement infléchie par les religions dont certaines s'opposaient, par exemple, aux dissections. L'histoire de l'anatomie se divise en deux périodes : la période préscientifique qui avait une valeur de survie; la période scientifique qui a débouché sur une science dynamique et fait progresser la recherche médicale, biochimique, cytogénétique, etc.

Période préscientifique

Pendant cette période, les individus ont acquis des connaissances pratiques de l'anatomie, utiles à leur survie. Ils ont ainsi appris, par essais et erreurs, à déterminer les régions corporelles du bison ou du mammouth, par exemple, qu'il leur fallait cibler pour les abattre (on a retrouvé dans des grottes occupées de la préhistoire européenne des dessins illustrant le cœur des animaux ou les régions vulnérables) et s'assurer de la sorte nourriture et vêtements. Ils connaissaient certaines propriétés des os du squelette, telle la durabilité, et ils ont appris à se servir des os comme d'outils et d'armes. De plus, ils étaient conscients que les muscles jouaient un rôle important dans la locomotion. Ils étaient aussi au fait des différences sexuelles.

Dès cette période, il semble en outre qu'on maîtrisait certaines habiletés chirurgicales et qu'on pratiquait, par exemple, la trépanation — une opération qui consiste à perforer la surface supérieure du crâne. On a trouvé, dans des sites archéologiques de la préhistoire, des crânes perforés en bon état. Cette intervention avait pour but d'abaisser la pression intracrânienne (après un coup reçu à la tête) ou de soigner la folie attribuée à la possession.

Période scientifique

Cette période commence en Mésopotamie (4000 av. J.-C.). La Mésopotamie est une région du Proche-Orient sise autrefois entre le Tigre et l'Euphrate (une large portion de cette région est aujourd'hui l'Irak). On a découvert sur des murs datant de cette période des caractères cunéiformes qui décrivent des organes, comme le foie du mouton. Pour les habitants de la Mésopotamie, le foie était le gardien de l'âme et la principale structure du corps dont elle assurait la vie. C'est en Mésopotamie, en 3000 av. J.-C., que furent prescrites les premières ordonnances. On a trouvé, gravées sur des tablettes de cire, des instructions pour l'emploi de drogues, comme la belladone et l'opium.

Au cours des siècles, de nombreux travaux ont contribué au développement des fondements scientifiques de l'anatomie. L'histoire reconnaît l'immense contribution des auteurs de ces recherches. Nous n'en retenons ici que quelques-uns.

Ménès (3300 av. J.-C.). Égyptien. Il écrit le premier manuel d'anatomie.

Homère (800 av. J.-C.). Poète épique grec. Dans l'Iliade (poème guerrier), il décrit avec précision des blessures.

Hippocrate (460-377). Médecin grec, appelé le père de la médecine. Il découvre que le repos, une alimentation saine et l'aération favorisent la guérison. Il rédige un code d'éthique professionnel, « Le Serment d'Hippocrate », que les médecins d'aujourd'hui prêtent encore.

Aristote (384-322). Il est le père de la cinésiologie. Pour lui le cœur est le siège de l'intelligence et le cerveau a pour fonction de refroidir le sang. Il s'adonne à l'anatomie comparée. Il est le premier à dessiner des croquis anatomiques.

Érasistrate (v. 300 av. J.-C.). On le considère comme le père de la physiologie.

Hérophile (325-280). Médecin et anatomiste grec. L'un des premiers à disséquer le corps humain. On le considère comme le père de l'anatomie et on lui doit des travaux remarquables sur le système nerveux. Pour lui, le cerveau est le siège de l'intelligence.

Celse (30-30). Sa contribution majeure : la compilation de huit volumes d'informations médicales provenant de l'École d'Alexandrie.

Galien (130-201). Médecin grec. Sa doctrine, qui repose sur l'existence de quatre humeurs (sang, bile, atrabile et pituite), gouverne la médecine jusqu'au XVIIe siècle. Au Moyen-Âge, on croit en effet que la santé résulte de l'équilibre de ces 4 principes et que la maladie découle de leur déséquilibre. Galien rédige au moins 500 manuscrits sur la médecine (83 ont été conservés). Il pratique des vivisections sur des porcs, mais ne dissèque probablement jamais de cadavres humains. Il exerce une grande influence sur les anatomistes et les médecins qui lui succèdent.

Dei Luzzi Mondino (1270-1326). Il rédige un guide sur la dissection, dont on connaît 40 éditions. Il enseigne à l'Université de Bologne, en Italie.

Vinci, Leonardo da (1452-1519). Peintre, sculpteur, architecte, musicien et anatomiste. La précision des détails dans ses croquis est exemplaire. Cependant, ses contributions anatomiques ne sont reconnues qu'au XXe siècle.

Vésale, André (1514-1564). Grand anatomiste flamand de la Renaissance, né à Bruxelles. On le considère comme le père de l'anatomie moderne (réformateur). Il pratique des dissections minutieuses et corrige certains écrits de Galien. Il publie en 1543 *De la constitution du corps humain*, orné de plus de 200 gravures sur bois.

Janssen, Zacharias et Hans. Deux frères hollandais. Ils inventent le microscope en 1600, instrument rendu célèbre en Angleterre par les travaux de Robert Hooke en 1665 et peu de temps après, par Van Leeuwenhoek.

Harvey, William (1578-1657). Anglais, fondateur de la physiologie moderne, il découvre la circulation sanguine et écrit le premier ouvrage sur la question. Cette découverte marque une ère nouvelle en médecine et en biologie. Il conteste les idées de Galien. Son livre *Mouvement du cœur et du sang chez les animaux* est une œuvre remarquable.

Borelli, Giovanni Alfonso (1608-1679). Physiologiste italien. Il applique des notions mathématiques au mouvement musculaire et démontre que les animaux sont comme des machines.

Malpighi, Marcello (1628-1694). Anatomiste et histologiste italien. On le considère comme le fondateur de l'histologie. Il est le premier à utiliser le microscope pour étudier des tissus humains. Il est le premier à décrire la circulation capillaire et à exposer la structure des poumons.

Leeuwenhoek, Antonie Van (1632-1723). Naturaliste hollandais. Il améliore le microscope (grossissement de X 270) et découvre un nombre considérable d'éléments anatomiques chez les animaux de très petite dimension.

Morgagni, Giovanni Battista (1682-1771). Anatomiste italien. Il est probablement le premier à recourir à l'autopsie pour établir, avec plus de certitude, les causes de la mort.

Sugita, Genpaku (1733-1817). Anatomiste japonais. Il publie en 1774 un ouvrage d'anatomie en cinq volumes. Avec lui s'ouvre l'ère moderne de l'anatomie et de la médecine au Japon.

Laennec, René (1781-1826). Il fabrique en 1816 l'un des premiers stéthoscopes au moyen de papier enroulé. Plus tard, l'Anglais John Elliotson en concevra un en bois. Au début, les stéthoscopes n'ont qu'un écouteur ; en 1850 apparaît le premier stéthoscope binoculaire.

Baer, Karl Ernst von (1792-1876). Embryologiste russe. Il est le père de l'embryologie moderne, descriptive et comparative.

Brodie (1786-1818). Chirurgien anglais. Ses travaux sur les articulations le rendent célèbre.

Mattias Schleiden (1804-1881) *et Theodor Schwann* (1810-1882). Biologistes allemands. Ils formulent en 1838-1839 la théorie cellulaire, théorie selon laquelle tous les êtres humains sont constitués de cellules.

Röntgen, Wilhelm (1845-1923). Physicien allemand. Il découvre en 1895 les rayons X et s'aperçoit qu'ils permettent d'observer le squelette. Il reçoit le prix Nobel en 1901.

Hounsfield, Godfrey (1919-2004). Il invente en 1973 le scanner à balayage cathodique qui permet de radiographier le corps par fines « tranches ».

Jusqu'à la fin du XIXe siècle et dans la première moitié du XXe siècle, l'étude de l'anatomie reposait essentiellement sur la dissection et la description des éléments observés ; elle s'est depuis imposée dans trois domaines particulièrement importants :

1. l'élaboration d'une nomenclature internationale en anatomie ;
2. des instruments d'exploration plus raffinés, grâce à la technologie ;
3. la création de nouvelles disciplines anatomiques.

Une nomenclature internationale est utilisée dans le présent ouvrage (Kamina, 1983) ; quant aux deux autres domaines, les deux prochains paragraphes de ce chapitre y sont consacrés.

Techniques d'exploration

Le XXe siècle est témoin d'un tournant majeur dans l'étude de l'anatomie grâce aux technologies de pointe qui permettent d'analyser beaucoup plus à fond le corps humain et ses multiples parties constituantes.

Aujourd'hui, la tomodensitométrie (scanner), l'échographie, l'endoscopie et d'autres techniques avancées de recherche, ouvrent de nouvelles avenues pour une meilleure compréhension du fonctionnement de la machine humaine.

Sans prétendre dresser la liste complète des procédés et techniques dont nous disposons en ce début de siècle, nous passerons en revue les procédés les plus utilisés et les mieux maîtrisés à l'heure actuelle, pour l'exploration des cellules, des organes et des tissus qui composent le corps (Hole et Koos, 1991 ; Marieb, 1999 ; Tortora et Grabowski, 1994).

Dissection

La dissection est le procédé qui consiste à découper un cadavre pour comprendre comment est construit un corps vivant. Cette démarche a donné son nom à la science anatomique, car le sens littéral du mot *anatomie* est « découper », ou « disséquer ». Selon Basmajian (1977) et Chevrel, Guéraud et Lévy (1983), Vésale, le père de l'anatomie moderne, écrivait dès 1561 : « Il faut que j'examine ce véritable livre qu'est le nôtre : le corps de l'homme. » La dissection est en effet le fondement des deux principales spécialités de l'anatomie :

a) l'anatomie descriptive étudie la morphologie (*morphê* = forme, *logos* = science) des différents organes, appareils ou systèmes constitutifs du corps humain, à savoir leur forme et leur structure ;

b) l'anatomie topographique ou régionale étudie les rapports qui s'établissent entre les différents organes d'une région du corps humain.

Il est intéressant de noter que, de 476 (fin de l'empire d'Occident) à 1453 (prise de Constantinople par les Turcs Ottomans), la dissection fut interdite et que, par conséquent, la science de l'anatomie fut délaissée. À la Renaissance, la science de l'anatomie revenait en force et la dissection prenait son essor. À cette époque, une dissection pouvait durer quatre jours et on la commençait par les éléments putréfiables. On a aussi assisté au cours des siècles à des vivisections (du latin *vivus*, signifiant « vivant », et *sectio*, « action de couper ») qui consistent à découper un corps (animal ou humain) vivant.

Microscopie

Le microscope est l'invention de Zacharius Janssen, un Hollandais du XVIIe siècle. L'étude à l'aide du microscope a permis de comprendre la structure des organes (< 0,1 mm). Elle assure un lien essentiel entre l'anatomie et la physiologie. Cette technique favorisa également l'étude du développement de l'embryon humain.

Les microscopes permettent d'observer les cellules de l'organisme invisibles à l'œil nu. Le microscope classique (optique) grossit l'image par réfraction de rayons lumineux ordinaires sur des lentilles, généralement regroupées en deux ensembles : l'un près de l'objet, l'autre près de l'observateur. Pour examiner du tissu cellulaire, il faut en préparer des coupes très fines, les contraster au colorant, si nécessaire, puis les placer sur de petites plaques de verre (les lames). La plupart des appareils éclairent l'échantillon par-dessous pour en faciliter l'observation.

Le microscope électronique, beaucoup plus puissant, est apparu dans les années 1930. Son mode de fonctionnement est identique. Cependant, le grossissement n'est pas en ce cas obtenu à partir de lumière ordinaire, mais d'un faisceau d'électrons (petites particules chargées d'électricité). De nos jours, c'est l'appareil le plus fréquemment utilisé pour étudier les cellules du corps humain.

Finalement, on utilise à des fins particulières de dissection, des microscopes qui produisent une image en trois dimensions aux capacités de grossissement limitées, des microscopes électroniques de transmission qui fournissent une image en deux dimensions et un grossissement de X 1 000 000, des microscopes électroniques de balayage qui donnent une image en trois dimensions et un grossissement de X 50 000.

Radiologie

La radiologie a révélé des renseignements précieux sur la structure des organes. Les rayons X furent découverts par Röntgen en 1895. Ces rayons traversent facilement les tissus mous, mais ils sont bloqués par les os, les dents, les objets métalliques, les sels de métaux ou métalloïdes lourds (baryum, bismuth, iode). On se sert donc d'appareils radiographiques pour examiner les os. Au moment d'une radiographie, quand le patient se tient devant la plaque photographique, l'ombre

de son squelette se projette sur cette plaque et l'impressionne. On obtient ainsi une photographie de l'ossature.

En s'aidant de produits de contraste, on peut étudier également les organes creux et obtenir l'image du moule intérieur de ces organes. Les principales substances de contraste sont le sulfate de baryum (tube digestif) et de nombreux dérivés iodés (voies biliaires, urinaires).

Ainsi, l'angiographie (procédé photographique permettant de voir les vaisseaux sanguins d'une région du corps grâce à l'injection d'un produit photosensible) permet d'obtenir pour la première fois des images réelles du réseau artériel, capillaire et veineux. Lésions ou malformations peuvent aussi être décelées à l'aide de ce procédé. L'angiographie numérisée par soustraction (ANS) sert surtout à étudier les vaisseaux sanguins dans l'encéphale et dans le cœur (Marieb, 1999).

La cinéradiographie est l'examen aux rayons X d'un sujet en mouvement.

Scanner

Le scanner permet d'obtenir des images des diverses parties de l'organisme en coupes fines. L'image projetée sur écran fournit beaucoup plus d'informations qu'une radiographie ordinaire. Le scanner utilise le principe de la tomographie axiale (TA) assistée par ordinateur (autrefois appelée tacographie – T). Un étroit faisceau de rayons X traverse le corps, puis est recueilli à sa sortie par des détecteurs qui transmettent les données à un ordinateur. La source de rayons X et les détecteurs tournent autour du corps dans un même plan, fournissent des données à l'ordinateur sous tous les angles. L'ordinateur enregistre les données et reconstitue, point par point, une image nette de la coupe considérée. Les premiers scanners, mis au point en 1972, permettaient d'explorer seulement le cerveau. Dans l'abdomen, c'est l'exploration des organes pleins (foie, reins, pancréas) qui a le plus profité du scanner tandis que celle des organes creux (tube digestif, voies urinaires, etc.) relève toujours du domaine de la radiologie classique.

La reconstruction spatiale dynamique (RSD) est un procédé tomographique à grande vitesse qui fournit des images tridimensionnelles des organes sous n'importe quel angle, tout en permettant d'examiner leurs mouvements et les modifications de leur volume interne à vitesse normale, au ralenti et à un instant précis. Le procédé est indiqué pour la visualisation du cœur, d'un poumon ou d'un vaisseau sanguin, la mesure de mouvements et de volumes, et l'évaluation de lésions tissulaires (Tortora et Grabowski, 1994).

Gammagraphie

La gammagraphie ou scintigraphie est l'examen d'un organe par accumulation de radio-isotopes (émetteurs de rayons gamma). La thyroïde a été le premier organe étudié en gammagraphie à l'aide d'iode 131. On détecte ainsi les goitres et les tumeurs qui touchent la glande. On peut également procéder à des gammagraphies du foie, des reins, du cerveau et du squelette.

La technique de la TEP (tomographie par émissions de positions) est l'une des applications prometteuses de la médecine nucléaire. À la différence des images par résonance magnétique (IRM), qui donnent des vues très précises des tissus cérébraux, la gamma caméra expose « en direct » l'activité biochimique du cerveau (oxygène, sucre, transmetteurs chimiques entre les neurones, etc.). La TEP est des plus utiles à l'étude des principes chimiques et de l'activité du cerveau sain, et au diagnostic de conditions anormales, dont les tumeurs. La TEP permet également de mettre en lumière les mécanismes d'assimilation des drogues ou des médicaments.

Échographie

L'échographie ou ultrasonographie est une technique d'exploration des organes qui s'appuie sur la réflexion des ultrasons. L'échographie permet la localisation précise des structures internes des organes, sans préparation et sans danger. On explore ainsi le cerveau, l'œil, l'utérus gravide et le cœur (échocardiographie).

Le procédé est simple : un petit appareil qu'on tient à la main émet des ultrasons et capte les échos. On peut facilement déplacer l'appareil à la surface du corps pour obtenir des images que l'ordinateur reconstitue sous plusieurs angles. Il faut noter que l'obésité et les cicatrices gênent cette méthode d'exploration.

Endoscopie

L'endoscopie est une méthode d'examen qui consiste à introduire un tube optique, muni d'un système d'éclairage (endoscope), dans les cavités naturelles pour les examiner. Son invention date de 1958. L'endoscope fonctionne comme un « télescope » flexible que l'on introduit dans le corps. Des rayons lumineux sont véhiculés par des minces fibres de verre (technique de la fibre optique) jusqu'à la zone à examiner d'où l'image est renvoyée au technicien spécialisé. Il existe plusieurs types d'appareils : les bronchoscopes servent à explorer les poumons et les bronches ; les gastroscopes, l'estomac et les intestins, les arthroscopes, l'intérieur des articulations.

Ophtalmoscopie

Les ophtalmoscopes permettent de voir l'intérieur de l'œil. Une petite lampe logée dans la poignée de l'ophtalmoscope émet un rayon lumineux qui, réfléchi par un miroir ou un prisme, traverse la pupille. Par un orifice dans le miroir, le médecin peut examiner une grande partie de la rétine de l'œil dont l'image est grossie 15 fois. Cet instrument permet donc de diagnostiquer toute anomalie oculaire, mais aussi certaines maladies, comme le diabète dont les premiers symptômes se manifestent dans l'œil. Avec certains ophtalmoscopes, on peut projeter un rayon laser dans l'œil. On pratique ainsi la chirurgie au laser pour traiter, par exemple, un décollement de la rétine.

Remnographie

Les images par résonance magnétique (IRM), autrefois appelées RMN, prennent le relais là où la technique plus traditionnelle du scanner reste impuissante. L'appareil

servant à produire des images par résonance magnétique expose le cerveau à un champ magnétique inoffensif. L'image qui en résulte permet de voir la matière qui compose le cerveau et de distinguer les différents types de tissus, en particulier les mous. Certains troubles liés au SIDA, de minuscules hémorragies consécutives à une commotion, l'hypertrophie ou la mort de certaines cellules, des tumeurs et des maladies (ex. : sclérose en plaques) sont décelables au moyen des IRM.

La magnétoencéphalographie (MEG) mesure de manière encore plus performante que la technique de la TEP l'activité électrochimique immédiate du cerveau. La MEG mesure les champs magnétiques créés par le flux électrochimique d'informations qui traverse les cellules nerveuses du cerveau. Le résultat est une image instantanée de l'activité cérébrale. Cette technique est aujourd'hui fort employée dans les recherches sur le cerveau, mais aussi dans l'étude des troubles psychiatriques et de l'épilepsie.

Branches de l'anatomie

Les différents instruments d'étude du corps humain ont donné naissance à de nouvelles branches de l'anatomie. On distingue maintenant l'anatomie

a) *anthropologique* qui étudie les variations morphologiques des diverses races humaines ;

b) *appliquée* qui vise à établir un diagnostic ou un traitement ;

c) *artistique (plastique, des formes, de surface)* qui étudie les formes extérieures du corps humain destinées aux arts plastiques. Elle permet la compréhension des formes, des proportions, des attitudes et des mouvements (dans la peinture, le dessin, la sculpture, la danse, etc.). Elle fournit en outre des renseignements précieux en clinique ;

d) *comparée* qui étudie les rapports existants entre les structures homologues de tous les animaux (y compris l'espèce humaine) ;

e) *descriptive* qui étudie la morphologie des organes séparés, les décrit suivant un plan logique, en un style concis. C'est la base de l'anatomie ;

f) *du développement* qui étudie la transformation morphologique de l'individu, depuis la fécondation jusqu'à l'âge adulte. Elle comprend deux périodes :
   - période prénatale ou du développement intra-utérin qui connaît deux phases :
     - la phase embryonnaire (de 0 à 60 jours)
     - la phase fœtale (de 60 jours à la naissance)
   - période postnatale qui concerne la croissance de tous les éléments du corps jusqu'à l'âge adulte.

g) *échographique* qui étudie le corps à l'aide de techniques échographiques ;

h) *fonctionnelle* qui étudie les relations entre la morphologie et la fonction des organes;

i) *générale* qui étudie les parties élémentaires de l'organisme (tissus, éléments, organes et systèmes);

j) *macroscopique* qui étudie les structures visibles à l'œil nu;

k) *microscopique* (histologique) qui étudie les structures à l'aide du microscope;

l) *pathologique* qui étudie les altérations des structures anatomiques imputables à la maladie;

m) *radiologique* qui étudie le corps à l'aide des techniques radiologiques;

n) *systémique* qui étudie toutes les structures et tous les organes d'un même système;

o) *topographique (régionale)* qui étudie les rapports entre les différents organes d'une région;

p) *vétérinaire* qui étudie les structures du corps des animaux.

Définitions

Le lecteur doit connaître certains termes avant de pousser plus loin l'étude de l'anatomie humaine. Voici les principaux termes propres à ce domaine.

1. Appareil locomoteur : fait appel aux trois grandes branches de l'anatomie associées au mouvement — l'ostéologie, l'arthrologie et la myologie.
2. Ostéologie : étude des os du squelette.
3. Arthrologie : étude des articulations et de leurs moyens d'union. On distinguait anciennement l'étude des articulations (arthrologie) de l'étude des moyens d'union entre les os (syndesmologie), ces termes sont maintenant synonymes.
4. Myologie : étude des muscles.
5. Cinésiologie (kinésiologie) : étude scientifique des mouvements du corps humain.
6. Physiologie : étude des fonctions des différents organes et systèmes de l'être vivant.
7. Morphologie : étude de la configuration et de la structure externe d'un organe ou de l'être vivant.
8. Biologie : étude scientifique qui a pour objet l'étude des phénomènes vitaux dans la cellule, dans l'individu et dans l'espèce, l'étude de la reproduction et celle des milieux où les êtres vivants se développent.
9. Embryologie : étude du développement depuis l'ovule fécondé jusqu'à la huitième semaine de vie intra-utérine.

10. **Cytologie** : étude chimique et microscopique de la structure des cellules.
11. **Histologie** : étude microscopique de la structure des tissus.
12. **Endocrinologie** : étude des hormones et de la manière dont elles contrôlent les fonctions de l'organisme.
13. **Immunologie** : étude des systèmes de défense corporelle.
14. **Fœtologie** : étude du développement de la huitième semaine de vie intra-utérine jusqu'à la naissance.
15. **Cellule** : unité de base ou fondamentale de tout être vivant. La dimension des cellules varie entre 5 et 200 microns (un micron étant un millionième de mètre).
16. **Tissu** : ensemble de cellules spécialisées dans l'accomplissement d'un rôle déterminé.
17. **Organe** : ensemble de tissus qui se divisent le travail pour remplir une fonction déterminée.
18. **Système** : ensemble d'organes de même nature (tissus similaires) qui travaillent de pair pour accomplir une fonction vitale. Par exemple, pour le système nerveux : cerveau, cervelet, bulbe rachidien.
19. **Appareil** : ensemble d'organes de nature différente (tissus variés) qui participent à une même fonction. Par exemple, l'appareil locomoteur : os, muscles, articulations.

Positions corporelles

À moins d'avis contraire, toutes les descriptions anatomiques renvoient à un organisme en position anatomique. Pour cette raison, il est essentiel de se familiariser avec les termes utilisés pour décrire les différentes positions corporelles.

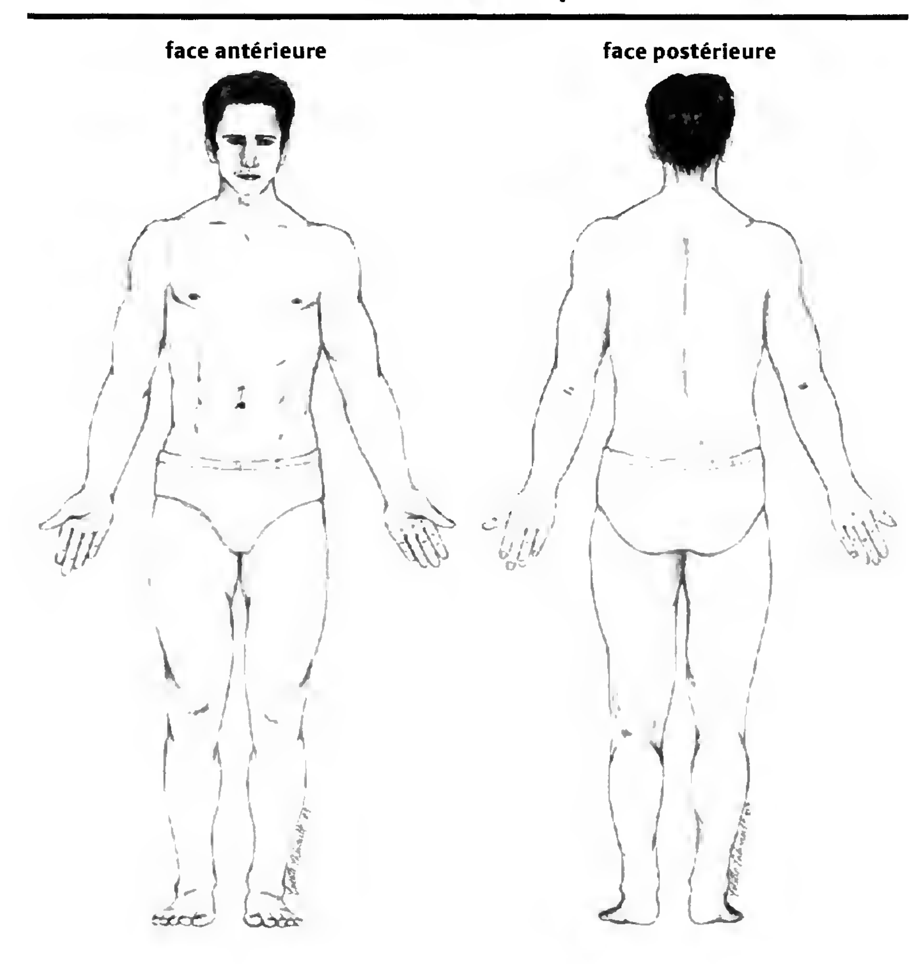
a) ***Position anatomique*** : la posture de référence du corps en anatomie descriptive. Elle est définie par une convention internationale : le sujet a les pieds légèrement écartés, talons rapprochés et orteils pointés vers l'extérieur; les avant-bras sont en extension; les membres supérieurs sont collés au tronc; la paume de la main est tournée vers l'avant et la tête est droite (Figure 1.1). En position anatomique, tous les segments sont considérés comme étant en extension.

b) ***Couché ventral (décubitus ventral ou position de pronation)*** : le corps est étendu, face contre terre, et repose sur ses surfaces antérieures.

c) ***Couché dorsal (décubitus dorsal ou position du supination)*** : le corps est étendu sur ses faces postérieures, le visage est tourné vers le haut.

d) ***Couché latéral (décubitus latéral)*** : le corps est étendu sur le côté (droit ou gauche).

FIGURE 1.1 **Positions anatomiques**



Il faut toujours se rappeler que lorsque l'on décrit, en anatomie, les rapports des organes entre eux, on considère toujours le sujet en position anatomique (ou comme s'il était dans cette position). Pour cette raison, la tête est toujours dite supérieure au tronc, que l'on soit debout, couché ou sur la tête (Green et Silver, 1986).

Orientation

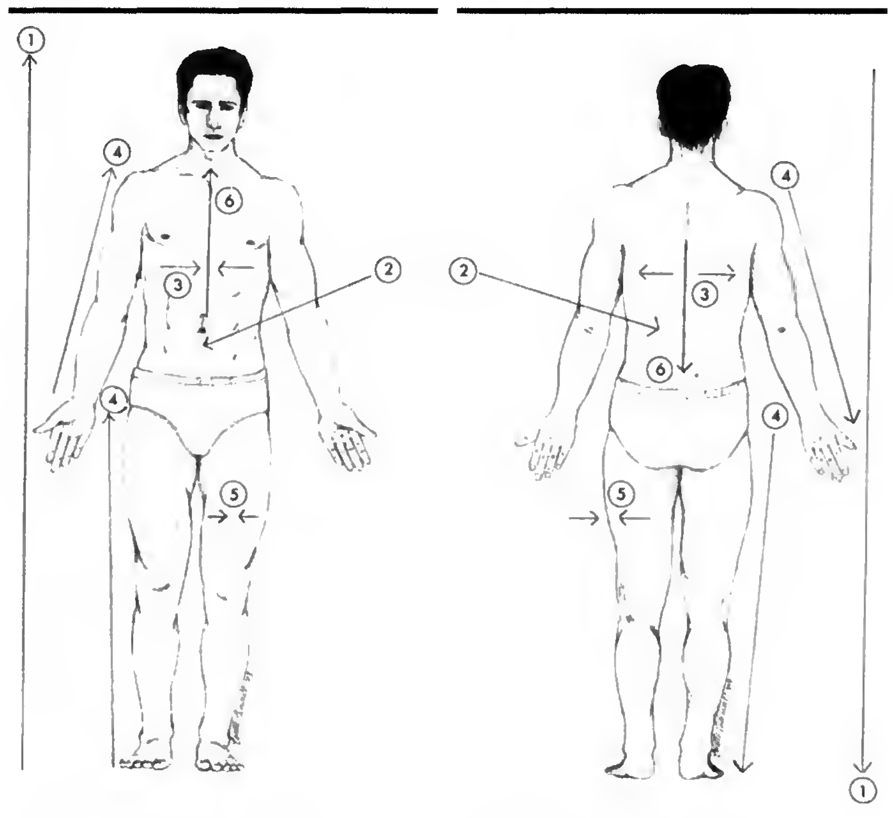
Les termes utilisés pour définir l'orientation, eu égard à la position anatomique, constituent des paires (Wells, 1971) (Figures 1.2 et 1.3).

a) 1° Antérieur : à l'avant.
   2° Postérieur : à l'arrière.

   Exemples :
   1° Le nombril est en position antérieure par rapport aux vertèbres.
   2° Les reins sont en position postérieure par rapport aux intestins.

FIGURE 1.2 **Face antérieure**

FIGURE 1.3 **Face postérieure**



1. Supérieur; 2. Antérieur; 3. Médial; 4. Proximal; 5. Profond; 6. Crânial.

1. Inférieur; 2. Postérieur; 3. Latéral; 4. Distal; 5. Superficiel; 6. Caudal.

b) 1° Ventral : face antérieure du corps ou d'un segment.
2° Dorsal : face postérieure du corps ou d'un segment.

Exemples :
1° La patella est sur la face ventrale du membre inférieur.
2° Le grand fessier est sur la face dorsale de la région glutéale.

c) 1° Supérieur : au-dessus de.
2° Inférieur : au-dessous de.

Exemples :
1° Le thorax est supérieur à l'abdomen.
2° Les jambes sont inférieures au tronc.

d) 1° Crânial : en direction de la tête.
2° Caudal : en direction du coccyx.

Exemples :
1° Les poumons sont en position crâniale par rapport aux os coxaux.
2° Le foie est en position caudale par rapport au cou.

e) 1° Médial (interne) : plus proche de la ligne centrale du corps.
2° Latéral (externe) : plus éloigné de la ligne centrale du corps.
Exemples :
1° Le cœur est en position médiale par rapport aux poumons.
2° Les oreilles sont en position latérale par rapport à la suture sagittale.

f) 1° Proximal : plus proche de la racine du membre.
2° Distal : plus éloigné de la racine du membre.
Exemples :
1° Le genou est en position proximale par rapport au pied.
2° La main est en position distale par rapport au coude.

g) 1° Superficiel : proche de la surface.
2° Profond : éloigné de la surface.
Exemples :
1° La peau est en position superficielle par rapport aux muscles.
2° Le cerveau est en position profonde par rapport au crâne.

h) 1° Ipsilatéral : du même côté du corps.
2° Controlatéral : du côté opposé du corps.
Exemples :
1° L'estomac et le pancréas sont ipsilatéraux.
2° La vésicule biliaire et le côlon descendant sont controlatéraux.

En zoologie, on décrit l'anatomie des vertébrés comme si leur tronc et leur tête étaient parallèles au sol, alors qu'en anatomie humaine le tronc et la tête sont présumés être perpendiculaires au sol. Les termes antérieur, postérieur, supérieur et inférieur sont pour cette raison sources de confusion : chez un quadrupède, antérieur signifie en effet vers la tête (crânial) alors que, chez l'être humain, antérieur signifie devant.

Axes et plans corporels

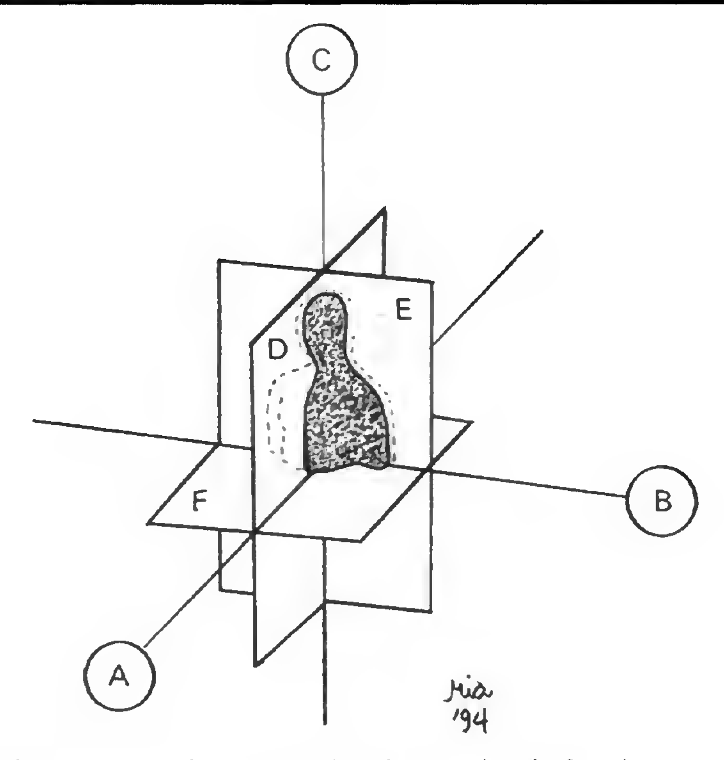
Dans ce paragraphe, nous aborderons les axes et les plans traditionnels (Anthony et Thibodeau, 1984; Van de Graaff, 1988) ainsi que les plans diagonaux.

Axes et plans traditionnels

Un axe représente une ligne de référence; le plan est une surface dont on se sert pour décrire le déroulement d'un mouvement (Figure 1.4). On distingue trois axes et trois plans de référence.

a) *Axes :*
1° Sagittal (antéropostérieur) (A)
2° Transversal (ou latéral horizontal) (B)
3° Vertical (longitudinal) (C).

FIGURE 1.4 **Axes et plans**



A. Axe sagittal; B. Axe transversal; C. Axe vertical; D. Plan sagittal; E. Plan frontal; F. Plan horizontal.

1. **Axe sagittal (A)** : ligne parallèle au sol qui traverse le corps d'avant en arrière ou du ventre au dos. Cet axe peut s'insérer dans les plans sagittal et horizontal.
2. Axe transversal (B) : ligne parallèle au sol qui passe d'un côté à l'autre du corps (par exemple, de droite à gauche, suivant l'axe des épaules). Cet axe peut s'insérer dans les plans frontal et horizontal.
3. Axe vertical (C) : ligne perpendiculaire au sol qui va de haut en bas ou de la tête aux pieds. Cet axe peut s'insérer dans les plans sagittal et frontal.

N.B. : Chacun des axes peut s'insérer dans deux plans différents, alors que le plan où s'effectue le mouvement est perpendiculaire à l'axe en cause.

b) *Plans :*

1° Sagittal (antéropostérieur) (D);

2° Frontal (coronal ou latéral) (E);

3° Horizontal (transversal) (F).

1. **Plan sagittal** : vertical, perpendiculaire au sol, il coupe le corps depuis le front jusqu'au dos ou de l'arrière vers l'avant. Il divise le corps en deux parties

(gauche et droite) qui ne sont pas nécessairement égales (coupes parasagittales). Ce plan peut englober les axes vertical et sagittal, mais le mouvement qui l'engendre se déroule perpendiculairement à l'axe transversal.

2. **Plan frontal** : perpendiculaire au sol, il traverse le corps de droite à gauche, ou vice-versa, et le divise en deux parties (antérieure et postérieure) qui ne sont pas nécessairement égales. Ce plan peut englober les axes transversal et vertical, mais le mouvement qui l'engendre se déroule perpendiculairement à l'axe sagittal.
3. **Plan horizontal** : parallèle au sol, il coupe le corps en deux parties (supérieure et inférieure) qui ne sont pas nécessairement égales. Ce plan peut englober les axes transversal et sagittal, mais le mouvement qui l'engendre se déroule perpendiculairement à l'axe vertical.

N.B. : Tout mouvement du corps humain se déroule ou s'effectue autour d'un axe et détermine un plan toujours perpendiculaire à l'axe autour duquel le mouvement s'effectue.

On se reporte aux axes et aux plans traditionnels dans la majorité des sports notés par des juges : gymnastique sportive, plongeon, haltérophilie, etc. On peut aussi les reconnaître dans un bon nombre d'activités quotidiennes. Le Tableau 1.1 propose des exemples d'activités et de gestes sportifs et ludiques, de mouvements et d'exercices associés aux plans et aux axes qui leur correspondent.

Plans diagonaux

Jusqu'à maintenant, nous avons passé en revue les trois axes et les trois plans traditionnels. Cependant, on peut se demander dans quel plan s'exécute un lancer au baseball ou un botté au football. Pour répondre à cette question, il est utile de se reporter à Logan et McKinney (1970) qui distinguent deux types de plans diagonaux.

a) La haute diagonale : tout mouvement diagonal qui s'exécute au-dessus du plan horizontal des articulations de l'épaule et de la hanche.
Exemples pour l'épaule : lancer de la balle au baseball ; lancer du javelot.
Exemples pour la hanche : coup de pied au visage en karaté ; coup de pied au tronc en lutte libre.

b) La basse diagonale : tout mouvement diagonal qui s'exécute au-dessous du plan horizontal des articulations de l'épaule et de la hanche.
Exemples pour l'épaule : lancer du disque ; lancer à la softball.
Exemples pour la hanche : tir au soccer ; botté au football.

Les plans diagonaux sont perceptibles dans les sports dit « balistiques ».

Régions corporelles

Les régions corporelles sont très nombreuses (Kahle, Leonhardt et Platzer, 1988). Chaque *région* représente une partie du corps de façon plus ou moins arbitraire.

TABLEAU 1.1 Exemples d'activités, de gestes sportifs et ludiques, de mouvements et d'exercices associés aux plans et aux axes qui leur correspondent

Exemple	Plan	Axe
1. Roue latérale en gymnastique	frontal	sagittal
2. Course de 100 mètres	sagittal	transversal
3. Hélice d'un hélicoptère en mouvement	transversal	vertical
4. Coup de poing à la boxe	sagittal	transversal
5. Roulade arrière en gymnastique	sagittal	transversal
6. Pirouette en patinage artistique	transversal	vertical
7. Soleil à la barre fixe en gymnastique	sagittal	transversal
8. Ski alpin	sagittal	transversal
9. Rotation au lancer du marteau	transversal	vertical
10. Balançoire	sagittal	transversal
11. Pivoter au hockey sur glace	transversal	vertical
12. Développé-couché, mains rapprochées (*bench press*)	transversal	vertical

Régions de la tête

Les régions du corps associées aux os de la tête (Figures 1.5 et 1.6) sont au nombre de deux : le crâne et la face.

a) Régions du crâne

Ces régions de la tête en rapport avec les os du crâne se subdivisent en région

1° frontale : antérieure de la tête sur l'os frontal;

2° pariétale : latérale de la tête, sur les os pariétaux;

3° occipitale : postérieure de la tête, sur l'os occipital;

4° temporale : latérale de la tête, sur la partie squameuse de l'os temporal et la face temporale de la grande aile du sphénoïde;

5° infratemporale : latérale de la tête correspondant à la fosse infratemporale.

b) Régions de la face

Ces régions de la tête en rapport avec les os de la face se subdivisent en région

1° nasale : associée aux squelettes osseux et cartilagineux du nez;

2° orale : entourant la fente ovale de la bouche;

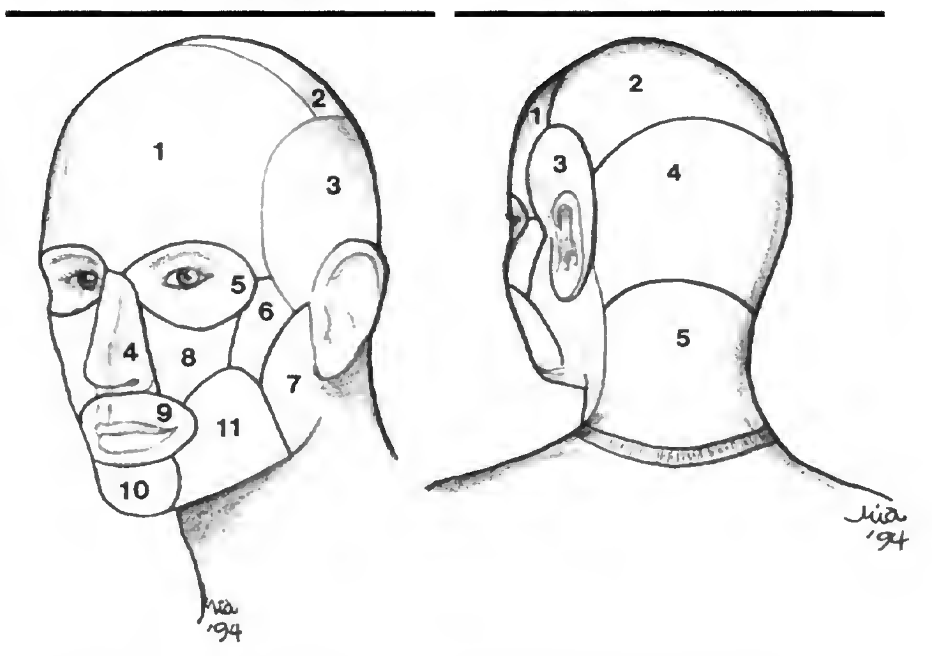
3° mentonnière : correspondant à la saillie du menton;

4° orbitaire : entourant la fente palpébrale;

5° infraorbitaire : située sous la région orbitaire;

FIGURE 1.5 Régions de la tête (antérolatérale)

FIGURE 1.6 Régions de la tête (postérolatérale)



1. Frontale; 2. Pariétale; 3. Temporale; 4. Nasale; 5. Orbitaire; 6. Zygomatique; 7. Parotidomassétérique; 8. Infraorbitaire; 9. Orale; 10. Mentonnière; 11. Buccale.

1. Frontale; 2. Pariétale; 3. Temporale 4. Occipitale; 5. Postérieure du cou.

6° buccale : recouvrant le muscle buccinateur, fixé sur les côtés du visage;

7° zygomatique : recouvrant l'os zygomatique situé au-dessus des joues;

8° parotidomassétérique : associée à la glande parotide et au muscle masséter.

Régions du cou

Les subdivisions topographiques du cou sont les régions antérieure, latérale et postérieure du cou (Figure 1.7).

a) Région antérieure du cou (région ventrale du cou)

Région impaire du cou, délimitée latéralement par le bord antérieur des muscles sternocléidomastoïdiens. Elle se subdivise en région

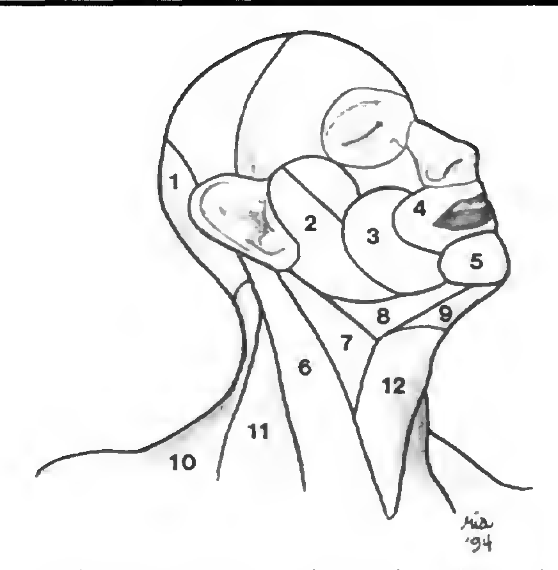
1° submentonnière : délimitée par les ventres antérieurs des muscles digastriques;

2° subhyoïdienne : située sous l'os hyoïdien;

3° trigone submandibulaire : sous-jacente au corps de la mandibule et au plancher de la cavité orale;

4° trigone carotidien : contenant la bifurcation de l'artère carotide commune.

FIGURE 1.7 **Régions du cou (antérolatérale)**



1. Occipitale; 2. Parotidomassétérique; 3. Buccale; 4. Orale; 5. Mentonnière; 6. Sternocléidomastoïdienne; 7. Trigone carotidien; 8. Trigone submandibulaire; 9. Submentonnière; 10. Postérieure du cou; 11. Latérale du cou; 12. Subhyoïdienne.

b) Région latérale du cou

Région paire et symétrique du cou, délimitée à l'avant par le bord antérieur du muscle sternocléidomastoïdien, à l'arrière par le bord antérieur du muscle trapèze et en dessous par la clavicule. Elle se compose de la région

1° sternocléidomastoïdienne : partie latérale du cou associée aux faces du muscle sternocléidomastoïdien;

2° grande fosse supraclaviculaire : partie inférieure de la région latérale du cou.

c) Région postérieure du cou (nuque)

Partie du cou située à l'arrière des vertèbres cervicales.

Régions de la poitrine

Les subdivisions topographiques liées aux parois antérolatérales du thorax (Figure 1.8) comprennent la région

a) infraclaviculaire : paire et symétrique, située sous la clavicule;

b) mammaire (ou pectorale) : paire et symétrique, centrée sur la glande mammaire (sur le muscle grand pectoral);

c) inframammaire (infrapectorale) : paire et symétrique, située sous la région mammaire (ou pectorale);

d) présternale : impaire et médiane, située en avant du sternum et du processus xiphoïde;

e) **axillaire** : paire et symétrique, toutes les parties molles situées entre la paroi thoracique, l'humérus, l'articulation scapulohumérale et la scapula.

Régions de l'abdomen

Les subdivisions topographiques de la paroi antérolatérale de l'abdomen (Figure 1.8) comprennent la région

a) **épigastrique** : impaire et médiane, antérolatérale de l'abdomen ;

b) **ombilicale** : sur le pourtour de l'ombilic ;

c) **pubienne** : impaire et médiane, au-dessus du pubis ;

d) **hypochondriaque** : paire et symétrique, sous les cinq derniers cartilages costaux ;

e) **latérale de l'abdomen** : paire et symétrique, prolonge latéralement la région ombilicale ;

f) **inguinale** : paire et symétrique, inférolatérale antérieure.

Régions du dos

Les régions postérieures du tronc (Figure 1.9) se subdivisent en région

a) **vertébrale** : médiane, recouvrant les parties dorsale et lombale de la colonne vertébrale ;

b) **sacrale** : médiane, recouvrant la face dorsale du sacrum ;

c) **scapulaire** : paire et symétrique, recouvrant la face postérieure de la scapula ;

d) **infrascapulaire** : sise entre les régions scapulaire et lombale, paire et symétrique ;

e) **lombale** : paire et symétrique, comprise entre la 12e côte et la crête iliaque ;

Régions du membre supérieur

Les subdivisions topographiques du membre supérieur (Figures 1.10 et 1.11), au nombre de neuf, comprennent la région

a) **deltoïdienne** : formant le galbe de l'épaule et délimitée par les bords du muscle deltoïde ;

b) **antérieure du bras** : partie avant de l'humérus et des septums intermusculaires brachiaux ;

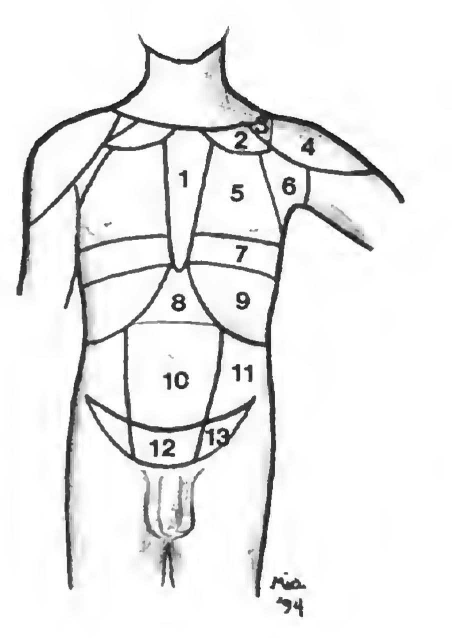
c) **postérieure du bras** : partie arrière de l'humérus et des septums intermusculaires brachiaux ;

d) **antérieure au coude** : partie avant de l'articulation du coude ;

e) **postérieure au coude** : partie arrière de l'articulation du coude ;

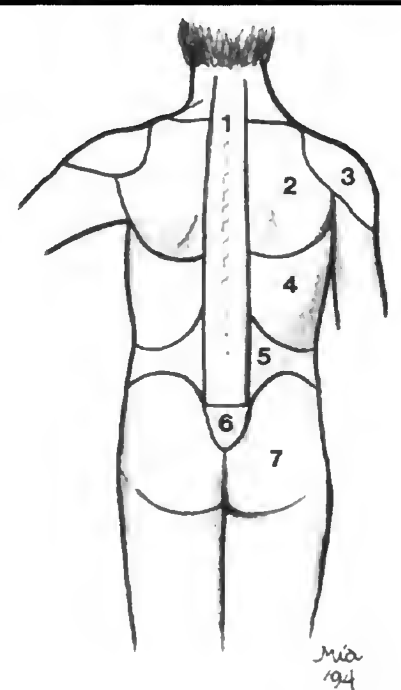
f) **antérieure de l'avant-bras** : partie avant du radius, de l'ulna et de la membrane interosseuse antébrachiale ;

FIGURE 1.8 **Régions de la paroi antérieure du tronc**



1. Présternale; 2. Infraclaviculaire; 3. Trigone clavipectoral; 4. Deltoïdienne; 5. Mammaire; 6. Axillaire; 7. Inframammaire; 8. Epigastrique; 9. Hypochondriaque; 10. Ombilicale; 11. Latérale de l'abdomen; 12. Pubienne; 13. Inguinale.

FIGURE 1.9 **Régions du dos**



1. Vertébrale; 2. Scapulaire; 3. Deltoïdienne 4. Infrascapulaire; 5. Lombale; 6. Sacrale; 7. Glutéale.

g) **postérieure de l'avant-bras** : partie arrière du radius, de l'ulna et de la membrane interosseuse antébrachiale;

h) **dorsale de la main** : partie arrière du squelette de la main;

i) **palmaire de la main** : partie avant des os et des articulations de la main, y compris les espaces intermétacarpiens.

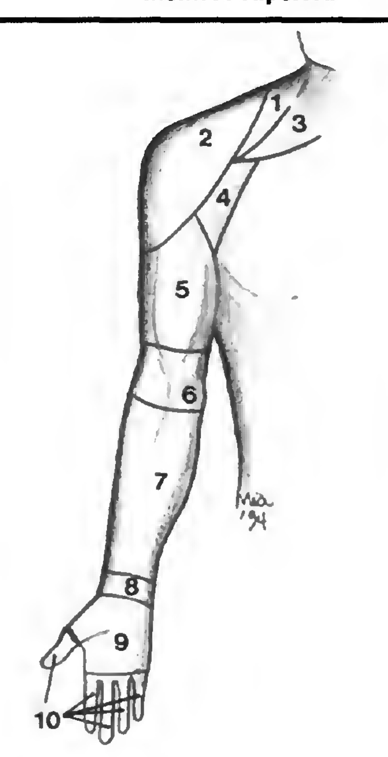
Régions du membre inférieur

Les subdivisions topographiques du membre inférieur (Figures 1.12 et 1.13) se composent des parties molles des dix régions. Elles comprennent la région

a) **glutéale** : prolongeant les régions dorsale, postérieure et supérieure du membre inférieur;

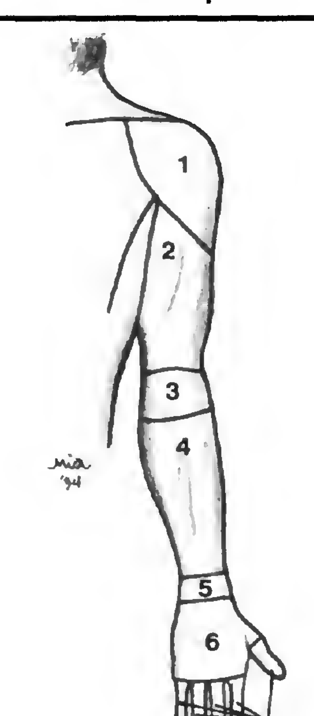
b) **antérieure de la cuisse** : partie avant du fémur; sa partie supéromédiale constitue le trigone fémoral;

FIGURE 1.10 Régions antérieures, membre supérieur



1. Trigone clavipectoral; 2. Deltoïdienne; 3. Infraclaviculaire; 4. Axillaire; 5. Du bras; 6. Au coude; 7. De l'avant-bras; 8. Au carpe; 9. Paume de la main; 10. Palmaires des doigts.

FIGURE 1.11 Régions postérieures, membre supérieur



1. Deltoïdienne; 2. Du bras; 3. Au coude; 4. De l'avant-bras; 5. Au carpe; 6. Dos de la main; 7. Dorsales des doigts.

c) postérieure de la cuisse : partie arrière du fémur;

d) antérieure au genou : partie avant de l'articulation du genou;

e) postérieure au genou : partie arrière de l'articulation du genou;

f) antérieure de la jambe : partie avant du tibia, de la fibula, de la membrane interosseuse et du septum intermusculaire postérieur;

g) postérieure de la jambe : partie arrière du tibia, de la fibula, de la membrane interosseuse et du septum intermusculaire postérieur;

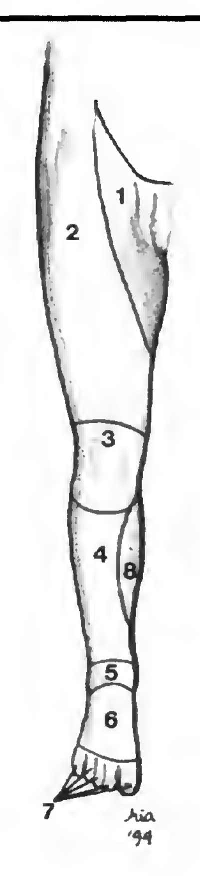
h) dorsale du pied : face dorsale du squelette du pied;

i) plantaire du pied : sous le squelette et les articulations du pied.

Le saviez-vous ?

1. Le mot cadavre vient du latin *cadere* qui veut dire « tomber ».

FIGURE 1.12 Régions antérieures du membre inférieur



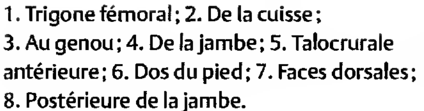
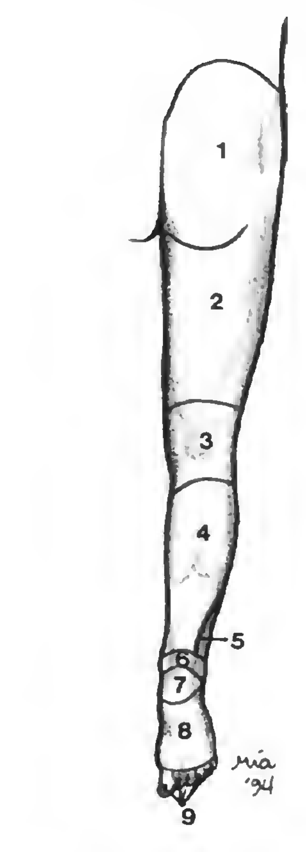

1. Trigone fémoral; 2. De la cuisse; 3. Au genou; 4. De la jambe; 5. Talocrurale antérieure; 6. Dos du pied; 7. Faces dorsales; 8. Postérieure de la jambe.

FIGURE 1.13 Régions postérieures du membre inférieur



1. Glutéale; 2. De la cuisse; 3. Au genou; 4. De la jambe; 5. Antérieure de la jambe; 6. Talocrurale; 7. Calcanéenne; 8. Plante du pied; 9. Faces plantaires des pieds.

2. Les trois grandes caractéristiques d'un être vivant sont : a) le mouvement, b) la nutrition et c) la reproduction.

3. On peut comparer le corps humain, considéré dans son ensemble, à un système de surveillance aérienne, à un système radar : informations perçues → récepteurs (sens) → tour de contrôle (cerveau) → émetteurs (muscles) → réactions et gestes désirés.

4. Le terme « clinique » vient du grec *kliné* qui signifie « lit ».

5. Le terme « sagittal » vient du latin *sagitta* qui signifie « flèche ». Le sens de ce terme s'impose de toute évidence dès qu'on examine un crâne fœtal. La pointe de la fontanelle antérieure rappelle la pointe d'une flèche; la suture entre les os pariétaux, la tige de la flèche; les sutures pariétooccipitales, ses ailerons.

6. L'expression «plan coronal» (frontal) vient du latin couronne (*corona*). La comparaison s'établit avec la couronne de laurier de l'Antiquité, en forme de fer à cheval, que l'on posait sur le sommet de la tête, entre les tempes.
7. L'acupuncture est une technique médicale apparue en Chine il y a plus de 5000 ans. Elle consiste à piquer de longues aiguilles fines (5-8 cm) sur le trajet des «méridiens» du corps — voies de circulation de l'énergie vitale. On peut l'utiliser comme anesthésique ou pour soigner des maladies comme la migraine, l'indigestion, les rhumatismes.
8. L'électrocardiogramme (ECG) est le tracé obtenu en amplifiant les impulsions électriques produites par le cœur. L'examen de ce tracé permet d'évaluer tout trouble de fonctionnement du cœur. Par exemple, si l'une des cavités du cœur est trop dilatée, la courbe de l'électrocardiogramme l'indiquera.
9. Une lésion est une modification de la structure normale d'une partie de l'organisme.
10. L'organogenèse est la formation prénatale d'un organe.
11. Professeur d'anatomie et chirurgien anglais, Henry Gray (1827-1861) est l'auteur du remarquable traité d'anatomie *Gray's Anatomy*, ouvrage réédité plus de 35 fois.
12. Le nouveau-né est le nom du fœtus après la naissance. On le dit «à terme» lorsqu'il naît entre la 37e et la 41e semaine menstruelle. On le dit «préterme», ou prématuré, lorsqu'il naît avant la 37e semaine, et «post mature» après la 41e semaine.
13. «Azygos» se dit d'une structure anatomique qui n'existe que d'un seul côté. Par exemple, veine azygos.
14. L'axe du corps est une ligne verticale imaginaire tirée vers le bas, depuis le vertex (point le plus élevé du crâne situé dans le plan sagittal médian), lorsque le sujet est en position anatomique. Il traverse le centre de gravité du corps situé dans le pelvis. Il se trouve à la jonction des plans sagittal médian et coronal.
15. La tératologie est la branche de l'anatomie qui étudie les monstruosités congénitales.



Page laissée blanche

CHAPITRE 2

Généralités sur les os

Introduction

Le *squelette* (du grec *skeletos*, proprem. « desséché ») est l'ensemble des structures osseuses et cartilagineuses du corps. Ces structures sont consolidées par des articulations et actionnées par des muscles squelettiques. Le squelette dérive du mésoderme, un des trois feuillets embryonnaires.

La taille d'un organisme pluricellulaire sera réduite, à moins qu'il ne possède une structure rigide de support qui empêche l'organisme de s'affaisser.

La plupart des animaux possèdent des structures de support appelées squelettes (Spence et Mason, 1983). Il existe deux types généraux de squelettes : les *exosquelettes*, qui recouvrent le corps de l'animal, et les *endosquelettes* qui se trouvent à l'intérieur du corps.

Plusieurs organismes sont munis d'exosquelettes. Chez quelques protistes, les radiolaires par exemple, la membrane cellulaire est recouverte extérieurement d'une sécrétion durcie. D'autres protistes, comme certains flagellés, possèdent des structures internes rigides en forme de bâtonnets qui semblent servir de support. Les mollusques ont un exosquelette constitué principalement de calcaire (carbonate de calcium). Les arthropodes sont recouverts d'un exosquelette articulé, fait de matières organiques complexes. La croissance d'un exosquelette s'opère différemment de celle d'un endosquelette. Dans le cas des arthropodes, par exemple (crustacés, araignées, insectes, etc.), la croissance s'opère par remplacement de la carapace lors de mues (changement de peau). L'exosquelette est une structure non vivante.

Beaucoup d'animaux possèdent des endosquelettes (hommes, mammifères, oiseaux). L'endosquelette se développe parallèlement au reste de l'organisme (Pépin, 1981). Les éponges sont dotées de bâtonnets et de fibres microscopiques que sécrètent des cellules de leur couche musculaire ; ces structures de support sont pour cette raison considérées comme des squelettes internes. Bien qu'il soit recouvert seulement d'une mince couche de tissu, le squelette de l'étoile de mer est considéré comme un endosquelette. Les squelettes des vertébrés sont internes, articulés, flexibles et vivants.

Un squelette externe limite la taille de son propriétaire ; un squelette interne impose en ce sens moins de restrictions. Certains animaux à squelette interne, comme les éléphants, les baleines et les dinosaures fossiles, ont atteint des tailles gigantesques.

Os du squelette

Définitions

L'os est un organe dur et résistant, constitué essentiellement de tissu osseux, défini dans sa forme et dans sa taille (Perrot, 1984). Les os sont les éléments du squelette et constituent la partie statique de l'appareil locomoteur. Les os s'unissent entre eux pour former des articulations et sont retenus par des ligaments. Les muscles les activent. Le squelette humain comprend 206 os constants et plusieurs autres inconstants (pas en même nombre chez tous les individus). À la naissance, un bébé possède environ 350 os dont certains se soudent au cours de la croissance. La totalité de ces os appartient soit au squelette axial, soit au squelette appendiculaire. Le squelette humain représente environ 18 % du poids du corps.

Le *squelette axial* (tête, colonne vertébrale et thorax) est la structure portante principale du corps ; il se conforme à l'axe longitudinal médian du corps humain. Le squelette axial est beaucoup plus rigide que le *squelette appendiculaire* (ceinture scapulaire, membres supérieurs, ceinture pelvienne et membres inférieurs). Les os du squelette appendiculaire forment une charpente assez libre dans ses mouvements, principalement pour ce qui concerne les membres supérieurs et inférieurs. Les entorses, les fractures et les luxations du squelette appendiculaire sont plus fréquentes, mais celles du squelette axial sont plus graves.

Classification du squelette

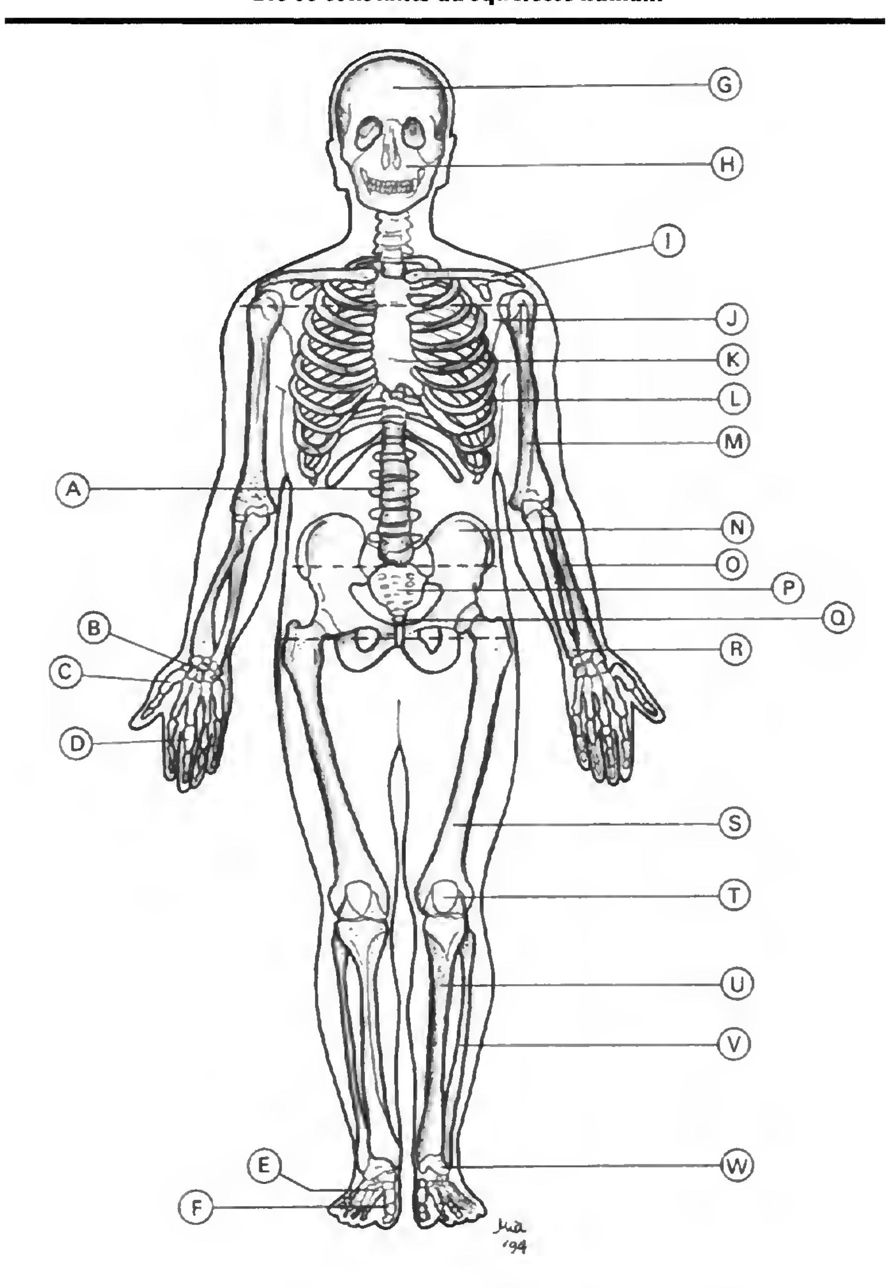
Le squelette se divise en deux parties : le squelette axial (80 os) et le squelette appendiculaire (126 os).

	Nombre d'os
a) Squelette axial	80
1° Tête	29
2° Colonne vertébrale	26
3° Thorax (côtes et sternum)	25
b) Squelette appendiculaire	126
1° Ceinture scapulaire	4
2° Membres supérieurs	60
3° Ceinture pelvienne	2
4° Membres inférieurs	60
TOTAL :	206

Nomenclature des os du squelette

Le squelette humain se compose de 206 os constants (Figure 2.1 ; voir aussi l'index des os à la fin de l'ouvrage).

FIGURE 2.1 **Les os constants du squelette humain**



A. Colonne vertébrale ; B. Carpe ; C. Métacarpe ; D. Phalanges de la main ; E. Métatarse ; F. Phalanges du pied ; G. Crâne ; H. Face ; I. Clavicule ; J. Scapula ; K. Sternum ; L. Côtes ; M. Humérus ; N. Coxal ; O. Radius ; P. Sacrum ; Q. Coccyx ; R. Ulna ; S. Fémur ; T. Patella ; U. Tibia ; V. Fibula ; W. Tarse.

		Nombre d'os
a)	Tête	29
	1° Os du crâne	8
	Pariétal	2
	Temporal	2
	Frontal	1
	Occipital	1
	Ethmoïde	1
	Sphénoïde	1
	2° Os de la face	14
	Maxillaire	2
	Zygomatique	2
	Lacrymal	2
	Nasal	2
	Cornet nasal inférieur	2
	Palatin	2
	Mandibule	1
	Vomer	1
	3° Osselets de l'ouïe	6
	Malleus	2
	Incus	2
	Stapes	2
	4° Os hyoïde	1
b)	Colonne vertébrale	26
	Vertèbres cervicales	7
	Vertèbres thoraciques	12
	Vertèbres lombales	5
	Sacrum	1
	Coccyx	1
c)	Thorax	25
	Sternum	1
	Côtes	24
d)	Ceinture scapulaire	4
	Clavicule	2
	Scapula	2

		Nombre d'os
e)	Membres supérieurs	60
	Humérus	2
	Ulna	2
	Radius	2
	Carpiens	16
	Métacarpiens	10
	Phalanges	28
f)	Ceinture pelvienne	2
	Os coxal (iliaque)	2
g)	Membres inférieurs	60
	Fémur	2
	Tibia	2
	Fibula	2
	Patella	2
	Tarsiens	14
	Métatarsiens	10
	Phalanges	28
TOTAL :		206

Fonctions du squelette

Le squelette exerce plusieurs fonctions importantes (Basmajian, 1977; Marieb, 1999; Pépin, 1981; Perrot, 1984; Tortora et Grabowski, 1994) qu'on peut regrouper en deux types : mécaniques et métaboliques.

1. Fonctions mécaniques

a) Rigidité et dureté

L'os, pour remplir correctement ses fonctions, doit être dur. Certains os supportent le poids du corps; c'est le cas, par exemple, des os du bassin, du fémur, du tibia, du calcanéus. Ainsi, il apparaît évident que le cartilage épiphysaire, à partir duquel les os longs se développent, doit s'imprégner de substances qui le rendent dur, qui le dotent d'une structure rigide capable d'assumer des tâches exigeantes : support du poids (tissus mous, muscles) et mouvements du corps. Forme corporelle et position bipède dépendent de l'os. Endosquelette, il n'est ni plus ni moins que «l'armature» du corps.

b) Locomotion

Un squelette sans muscles est aussi incapable de mouvement qu'une automobile dont les roues ne sont pas reliées à un moteur. Les os fournissent les zones d'insertion musculaire; ils servent ainsi de leviers au sein de systèmes de poulies par lesquels les muscles produisent les mouvements délicats et rapides que permettent les articulations.

c) Protection

Les os constituent une enceinte qui protège en partie certains organes importants (par exemple, le système reproducteur). Ils assurent cependant une certaine défense en formant les parois rigides de cavités où logent des organes essentiels, comme le crâne, les côtes et la colonne vertébrale. L'os est entouré par une couche dense de périoste qui protége la moelle osseuse rouge dans les os du fœtus et du petit enfant.

d) Conformation extérieure

La forme des os s'adapte à leur fonction : les os longs servent de leviers qui soulèvent ou abaissent; les os courts relient un élément à un autre; les os plats constituent une coque protectrice.

2. Fonctions métaboliques

a) Réservoir de minéraux

La trame des os sert de réservoir des sels minéraux (comme le calcium et le phosphore) utilisés par toutes les cellules du corps humain et mobilisés en cas de besoin. Ainsi, 95 % du calcium et 90 % du phosphore présents dans le corps humain se trouvent dans les os et les dents. Le calcium est essentiel à la contraction musculaire, à la réparation osseuse et au mouvement des structures à l'intérieur des cellules. Il contribue à la dureté de l'os et de la dent. La structure normale de l'os et de la dent dépend grandement du phosphore.

b) Globules sanguins

Les os vivants sont le siège d'une activité importante. Le squelette participe aux réactions biologiques et chimiques (métabolisme) de l'organisme. Dans la moelle rouge des os se forment en permanence les cellules du sang. Cette fonction porte le nom d'hématopoïèse (du grec *haima*, « sang » et *poieîn*, « faire »). Elle aurait lieu plus vraisemblablement au niveau des vertèbres. Approximativement 1 million de cellules rouges sont produites à chaque seconde pour remplacer celles détruites par le foie.

Classification des os

Os constants

La conformation extérieure des os constants est variée et irrégulière. Les classifications différentes abondent dans la littérature. D'une façon générale, on peut cependant distinguer quatre types principaux : long, court, plat et irrégulier (Barham et Wooten, 1973; Basmajian, 1977; McClintic, 1983; Van de Graaf, 1988; Wells, 1971).

a) Os long

La longueur domine sur la largeur et l'épaisseur. Tout os long se compose d'une diaphyse, de deux épiphyses et de deux métaphyses. On trouve principalement les os longs au niveau des membres. Exemple : humérus, fémur, fibula. Ce sont les barres de leviers de la locomotion.

b) Os court

Ses trois dimensions (longueur, largeur, épaisseur) sont similaires ou réduites. On le trouve principalement au niveau des poignets (carpes) et des chevilles (tarses) (par exemple : calcanéus, pisiforme, trapézoïde).

c) Os plat

Sa longueur et sa largeur sont plus importantes que son épaisseur. Il sert de paroi ou de cavité qui protège les organes (par exemple : sternum, côtes, os du crâne).

d) Os irrégulier

Ce type d'os se trouve dans la colonne vertébrale et les ceintures scapulaire et pelvienne ; il s'en trouve aussi à la base du crâne et dans la région faciale (par exemple : l'ethmoïde). Il épouse des formes complexes et variées.

Des types intermédiaires ont pu être individualisés (Chevrel, Guéraud et Lévy, 1983 ; Kahle, Leonhardt et Platzer, 1988).

a) **Os arqué** : os de forme plus ou moins incurvée. Exemple : la côte.
b) **Os papyrassé** : os plat d'une extrême minceur. Exemple : le palatin.
c) **Os pneumatique** : os allégé, aux cavités remplies d'air. Exemple : le sinus frontal.
d) **Os rayonné** : os dont la forme irrégulière est imputable à de nombreux processus de directions variées. Exemple : la vertèbre.
e) **Os allongé** : variété d'os long qui se différencie par une moindre longueur. Exemple : la phalange.

Os inconstants

L'organisme humain comporte aussi des os inconstants (Kahle, Leonhardt et Platzer, 1988 ; Marieb, 1999 ; Tortora et Grabowski, 1994). Il en existe trois groupes.

a) Os suturaux

Ces petits os sont situés au niveau des sutures des os de la tête (par exemple : os ptérique). Ils sont souvent localisés dans les fontanelles ou à proximité. Les fontanelles sont des régions non ossifiées du crâne, à la naissance (Van de Graaff, 1988). Elles sont au nombre de six : deux impaires et deux paires situées entre les six os du crâne (Figure 2.2).

1° **Fontanelle antérieure (bregmatique)** : impaire et médiane, elle relie le frontal avec les pariétaux. Elle s'ossifie entre le sixième et le dix-huitième mois post-natal.

2° **Fontanelle postérieure (lambdatique)** : impaire, située entre l'occipital et les deux pariétaux, elle s'ossifie au cours du deuxième mois post-natal.

3° **Fontanelle sphénoïdale (ptérique)** : paire, elle relie le frontal au temporal et au pariétal. Elle s'ossifie au cours de la première année.

4° **Fontanelle mastoïdienne (astérique)** : paire, elle relie l'occipital au pariétal et le temporal. Elle s'ossifie entre le troisième et le sixième mois après la naissance.

b) Os sésamoïdes

Petits osselets ovoïdes et inconstants, ainsi dénommés par analogie avec la graine de sésame. Plus petits qu'un petit pois, ils se développent à l'intérieur de l'appareil ligamentaire ou tendineux des mains et des pieds. Le seul os sésamoïde, toujours présent (os constant) et beaucoup plus volumineux que les autres, est la patella.

Les os sésamoïdes de la main (par exemple, le sésamoïde de l'index) et du pied (par exemple : os sésamoïde du gros orteil) sont nombreux.

c) Os surnuméraires

Petits osselets inconstants, surtout présents au niveau de l'extrémité distale des membres. On distingue les os surnuméraires du carpe (par exemple, l'os radial du carpe) et les os surnuméraires du tarse (par exemple, l'os de Vésale).

Anatomie macroscopique de l'os

Parties de l'os

Sur le plan macroscopique (Jacob et Francone, 1970; Hole et Koos, 1991), on distingue trois parties importantes de l'os (Figure 2.3).

a) Diaphyse : le corps d'un os long. La diaphyse est bornée à ses deux extrémités par les épiphyses. Généralement cylindrique ou prismatique, elle est constituée par une couche périphérique épaisse d'une substance compacte qui enveloppe une cavité, la cavité médullaire résistante aux forces d'incurvation.

FIGURE 2.2 Fontanelles

A. Os pariétal; B. Fontanelle postérieure; C. Fontanelle mastoïdienne; D. Os occipital; E. Os temporal; F. Fontanelle sphénoïdale; G. Os frontal; H. Fontanelle antérieure.

FIGURE 2.3 Anatomie macroscopique de l'os

A. Épiphyse; B. Diaphyse; C. Cavité médullaire; D. Épiphyse; E. Cartilage (articulaire); F. Périoste; G. Substance compacte; H. Substance spongieuse; I. Substance spongieuse; J. Substance compacte (table externe); K. Substance spongieuse (diploë); L. Substance compacte (table interne).

b) **Épiphyse** : l'extrémité d'un os long. Elle est constituée de substance spongieuse, entourée par une mince couche de substance compacte, et partiellement encroûtée de cartilage articulaire.

c) **Métaphyse** : la zone de transition entre la diaphyse et l'épiphyse. C'est à cet endroit que se trouve le cartilage épiphysaire. À l'âge adulte, lorsque la croissance du squelette est terminée, l'os remplace le cartilage épiphysaire et la région ainsi transformée s'appelle ligne épiphysaire.

Couches de l'os

Les différentes couches de l'os, de l'extérieur vers l'intérieur, sont (Figures 2.3 et 2.4) les suivantes.

a) **Cartilage articulaire** : cartilage de revêtement des surfaces articulaires. Présent dans les articulations cartilagineuses et synoviales, ce cartilage hyalin protège les surfaces osseuses contre l'usure due à leurs pressions et à leurs frottements mutuels. Le liquide synovial nourrit les cartilages articulaires par imbibition.

b) **Périoste** : double couche de tissu conjonctif qui recouvre l'os, à l'exception des surfaces articulaires et des zones d'insertion tendineuse et ligamentaire. Des faisceaux de fibres collagènes (fibres de Sharpey) se détachent de sa couche interne et se dissipent dans l'os sous-jacent. Richement vascularisé et innervé au niveau de la couche externe, le périoste joue un rôle important dans la croissance de l'os et dans sa réparation après une fracture. Il est proportionnellement plus épais chez l'enfant que chez l'adulte.

c) **Substance compacte (os haversien)** : couche périphérique de la diaphyse des os longs, des os courts et des os plats, elle est constituée principalement d'ostéons et de lamelles régulièrement orientées.

d) **Endoste** : membrane mince qui recouvre la paroi de la cavité médullaire d'un os.

e) **Cavité médullaire (canal médullaire)** : cavité longitudinale de la diaphyse des os longs, remplie de moelle osseuse (rouge, jaune ou grise, selon l'âge du sujet).

f) **Substance spongieuse** : tissu osseux constitué de trabécules imbriquées cette substance délimite de petites cavités remplies de moelle osseuse rouge. Elle est présente au niveau des épiphyses et dans la partie centrale des os courts. Elle constitue aussi le diploë des os plats. Le diploë est un tissu spongieux compris entre les tables externe et interne des os plats.

g) **Cartilage épiphysaire** : plaque cartilagineuse temporaire qui unit l'épiphyse à la diaphyse. Sa rupture traumatique est à l'origine des décollements épiphysaires. Il contribue à la croissance en longueur de l'os.

Tissu semiliquide

On trouve, à l'intérieur de l'os, un tissu semiliquide : la moelle osseuse. On distingue la moelle rouge, la moelle jaune et la moelle grise. À l'état frais, on distingue la moelle rouge et la moelle jaune.

a) Moelle rouge : tissu conjonctif, la moelle osseuse rouge se trouve dans tous les os du fœtus et du petit enfant, et dans les os spongieux de l'adulte. Elle joue un rôle hématopoïétique et immunologique capital. Elle est en effet le lieu où se forment les hématies, les polynucléaires, les plaquettes, les précurseurs des macrophages et les éléments lymphoïdes. Les cellules cancéreuses en circulation dans le sang trouvent dans la moelle rouge un bon milieu de culture. Des métastases se développent souvent aux extrémités des os longs ou dans les vertèbres.

b) Moelle jaune (adipeuse) : elle provient de la transformation de la moelle rouge dont la croissance est achevée. Elle est formée presque exclusivement de grosses cellules adipeuses (96 %) ; sa principale fonction est donc celle d'une réserve de lipides. On la trouve dans le canal médullaire. La moelle jaune garde la possibilité de se retransformer en moelle rouge, ce qui se produit en cas de leucémie ou chez les personnes qui vivent à très haute altitude.

c) Moelle grise (fibreuse) : chez les vieillards, le tissu hématopoïétique et le tissu adipeux peuvent se transformer secondairement en tissu conjonctif de type fibreux : c'est la moelle grise ou fibreuse.

Anatomie microscopique de l'os

Au microscope, la substance compacte se compose de plusieurs éléments (Gardner et Osburn, 1978 ; Hole et Koos, 1991 ; McClintic, 1983) (Figure 2.4).

a) Ostéon : unité structurale de la substance compacte. L'ostéon se caractérise par 4 à 20 lamelles osseuses cylindriques disposées concentriquement autour d'un canal central. La structure et l'arrangement des ostéons dépendent de la charge imposée à l'os. En cas de variation de charge, les ostéons subissent un remaniement visible à l'examen macroscopique. L'ostéon contient des capillaires sanguins et des filets amyéliniques entourés de tissu conjonctif lâche. Des canaux perforants permettent aux canaux centraux de communiquer entre eux et avec la cavité médullaire.

b) Lamelle osseuse : chacune des couches osseuses minces et arciformes qui constituent la substance compacte. On distingue les lamelles circonférentielles externes, circonférentielles internes, interstitielles et de l'ostéon.

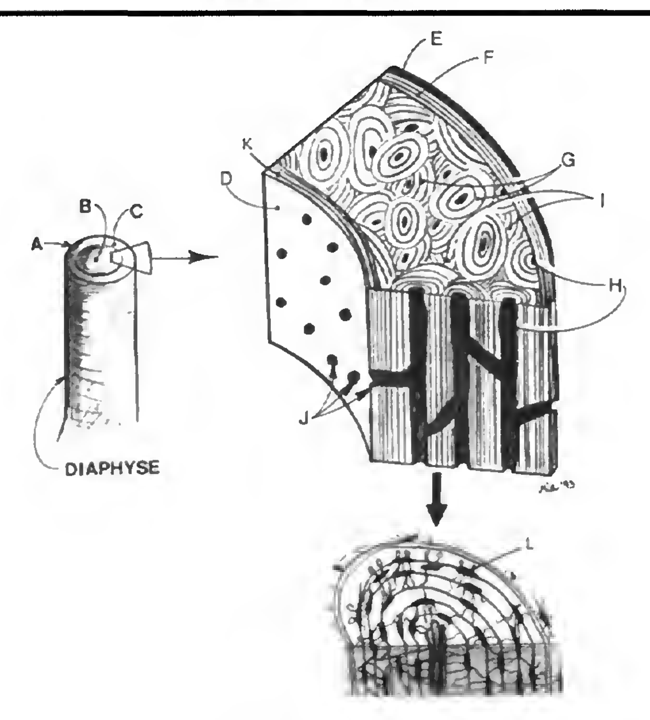
c) Lamelle circonférentielle externe : lamelle osseuse formant la partie superficielle de la substance compacte.

d) Lamelle circonférentielle interne : lamelle osseuse formant la partie profonde de la substance compacte.

e) Lamelle interstitielle : chacune des lamelles osseuses situées entre les ostéons.

f) Lamelle de l'ostéon : chacune des lamelles osseuses constituant un ostéon osseux.

FIGURE 2.4 **Structure de la substance compacte**



A. Périoste; B. Endoste; C. Substance compacte; D. Endoste; E. Périoste; F. Lamelles circonférentielles externes; G. Ostéons; H. Canaux centraux de l'ostéon; I. Lamelles interstitielles; J. Canaux perforants de la substance compacte; K. Lamelles circonférentielles internes; L. Lacune osseuse (ostéocyte).

g) **Canalicule** : petit canal. Passage tubulaire creusé dans le tissu osseux.

h) **Canal central de l'ostéon** : canal longitudinal entouré par les lamelles de l'ostéon. Il renferme les vaisseaux et les nerfs de la substance compacte.

i) **Canal perforant de la substance compacte** : chacun des canaux transversaux ou obliques qui permettent aux canaux centraux de communiquer entre eux et avec la cavité médullaire.

j) **Ostéocyte** : cellule osseuse située dans une lacune osseuse.

k) **Lacune osseuse** : petite cavité de la substance compacte dans laquelle loge un ostéocyte.

l) **Canal nourricier** : canal traversé par les vaisseaux nourriciers d'un os. Dans les os longs, il est situé au niveau de la diaphyse.

m) **Trabécules du corps spongieux** : petites travées osseuses (logettes ou cloisons) qui forment la substance spongieuse et s'orientent selon les lignes de charge appliquées sur l'os. Elles délimitent les cavernes du corps spongieux. Ce sont des lames conjonctives riches en fibres élastiques et musculaires lisses dont le relâchement permet le remplissage des cavernes par le sang.

Vascularisation de l'os

Selon Olivier (1979), les os longs sont vascularisés par l'artère nourricière, les artères périostées et les artères ostéoarticulaires :

a) La vascularisation du tiers médial de la substance compacte de l'os est assurée par l'artère nourricière, composée d'une branche ascendante et d'une branche descendante qui parcourent la moelle dans le canal médullaire.

b) Les artères périostées vascularisent les deux tiers latéraux de la substance compacte. De petit calibre et très nombreuses, elles s'introduisent dans la diaphyse par de petits pores nourriciers jusqu'au cœur des ostéons.

c) Les artères ostéoarticulaires vascularisent l'articulation et la totalité de la substance osseuse en s'immisçant dans les épiphyses par les attaches des ligaments et de la capsule articulaire.

Les artères osseuses pénètrent l'os, accompagnées de veines et de petits nerfs amyéliques. Le cartilage hyalin des épiphyses n'est pas vascularisé et se nourrit de la synovie ; il entrave la vascularisation entre la zone diaphysaire et la zone épiphysaire.

Tissu cartilagineux

Les tissus osseux et cartilagineux, formés de tissu d'origine conjonctive, se composent de fibres, de cellules et d'une substance fondamentale à partir de laquelle ils évolueront jusqu'à se différencier (Pépin, 1981).

La substance fondamentale (ou substance osseuse) s'imprègne de cartilagéine pour former le tissu cartilagineux. Il s'agit du processus d'ossification endochondrale que subissent les os longs, ceux de la base du crâne et ceux des corps vertébraux. Peu à peu, l'os remplace le cartilage.

Éléments constitutifs

Une matrice solide, composée de substance fondamentale et de fibres, renferme les chondrocytes ou cellules cartilagineuses (chondro = cartilage) (Figure 2.5).

a) **Chondrocytes** : ces cellules bien rondes sont enfermées dans des chondroplastes (cavités cartilagineuses) qu'elles occupent pleinement. Leur noyau volumineux contient un ou deux nucléoles. Les organites habituels de ces cellules, des vacuoles lipidiques et des grains de glycogène, sont présents dans leur cytoplasme.

b) **Matrice cartilagineuse** : cette substance dure est homogène et translucide. Elle se compose de fibres collagènes et de fibres élastiques dont la concentration varie selon les types de tissus cartilagineux. Les premières fibres et la matrice du cartilage sont fabriquées par les chondroblastes.

Le tissu cartilagineux est exempt d'innervation et de vascularisation. Le périchondre, un tissu conjonctif particulier formé d'une couche médiale riche en cellules

et d'une couche latérale riche en fibres collagènes, l'entoure fréquemment. Le tissu cartilagineux est élastique aussi bien sous la pression qu'à la flexion.

Variétés de tissus cartilagineux

Selon Poirier, Cohen et Bernaudin (1979), on distingue trois variétés de tissu cartilagineux.

a) **Cartilage hyalin (hydos = vitreux)** : légèrement bleuâtre et d'aspect laiteux. C'est le type le plus répandu. Il contient peu de fibres collagènes. On le rencontre chez l'adulte au niveau des surfaces articulaires, des cartilages costaux, de certaines parties des oreilles et du nez, du larynx et des bronches. Chez le fœtus, la plus grande partie du squelette contient ce type de cartilage qui sera progressivement remplacé par de l'os. Le cartilage cellulaire est la forme embryonnaire du cartilage hyalin.

b) **Cartilage fibreux (fibrocatilage)** : il contient des faisceaux de nombreuses fibres collagènes. On le rencontre au niveau des ménisques, des disques intervertébraux, de la symphyse pubienne et à l'insertion de certains tendons.

c) **Cartilage élastique** : opaque et jaunâtre, il possède de nombreuses fibres élastiques et peu de fibres collagènes. On le trouve principalement dans les régions du larynx, de l'épiglotte et du pavillon de l'oreille.

Tissu osseux

Le tissu osseux se compose de cellules osseuses et d'une matrice osseuse (Figure 2.6).

Cellules du tissu osseux

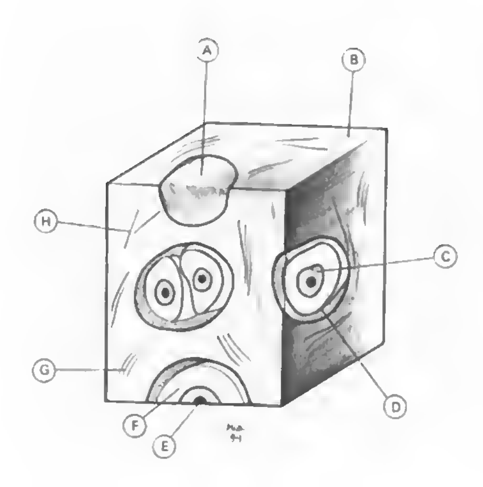
Selon Pépin (1981) et Poirier, Cohen et Bernaudin (1979), le tissu osseux abrite trois types de cellules.

a) **Ostéoblastes** : cellules responsables de la formation du tissu osseux. Elles ont un corps cellulaire grossièrement cubique ou prismatique d'où naissent des expansions cytoplasmiques plus ou moins allongées. Le noyau est arrondi et contient un nucléole volumineux. Le cytoplasme est riche en organites.

b) **Ostéocytes** : cellules principales du tissu osseux constitué. Les ostéocytes sont des ostéoblastes que la matrice osseuse en train de se minéraliser a complètement entourés. Son corps cellulaire fusiforme donne naissance à de nombreux prolongements fins, plus ou moins allongés. Le noyau est ovalaire et d'aspect courant. Le cytoplasme contient des organites, qui s'y trouvent toutefois en moins grande abondance que dans les ostéoblastes.

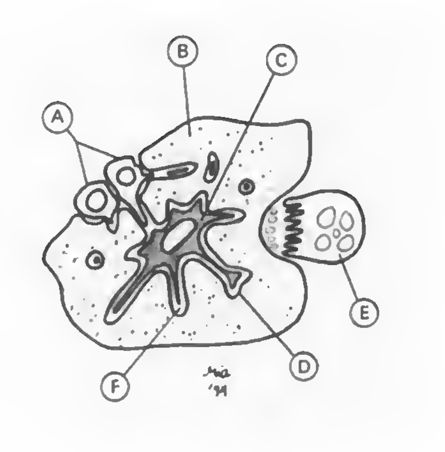
c) **Ostéoclastes** : cellules responsables de la résorption du tissu osseux. De forme arrondie, elles sont volumineuses et comportent plusieurs noyaux et un cytoplasme.

FIGURE 2.5 Structure du cartilage



A. Chondroplaste; B. Substance fondamentale; C. Noyau; D. Chondrocyte; E. Nucléole; F. Cytoplasme; G. Fibres collagènes; H. Fibres élastiques.

FIGURE 2.6 Constituants du tissu osseux



A. Ostéoblastes; B. Matrice osseuse; C. Ostéocyte; D. Canalicule; E. Ostéoclaste; F. Ostéoplaste.

Matrice osseuse

La matrice osseuse contient les cellules; elle est constituée de la substance fondamentale et de fibres (matrice organique) ainsi que de sels minéraux. La combinaison des fibres de collagène et des sels inorganiques rend l'os exceptionnellement résistant.

a) Matrice organique : elle se compose de fibres et de substance fondamentale, mais quasi exclusivement de fibres collagènes. Le collagène représente environ 95 % du poids de la matrice organique de l'os. La substance fondamentale qui y est très peu abondante, contient des protéines, de l'eau et des électrolytes.

b) Sels minéraux : le tissu osseux d'un adulte renferme 1 100 g de calcium (soit 99 % du calcium total de l'organisme) et environ 600 g de phosphore (soit 85 % du phosphore total de l'organisme). Le phosphate de calcium amorphe (qui n'a pas d'organisation en cristaux) représente environ 40 % des substances minérales osseuses chez l'adulte.

La matrice osseuse est traversée par un réseau de lacunes qui communiquent entre elles et contiennent les cellules principales et leurs prolongements. Ce réseau de lacunes se compose d'ostéoplastes et de canalicules. Les canalicules sont de nombreux canaux minces qui prennent leur origine dans les ostéoplastes entre lesquels ils provoquent des communications. Les ostéoplastes sont des lacunes fusiformes dont chacune renferme le corps cellulaire d'un ostéocyte.

Caractéristiques

L'osséine (substance résiduelle des sels calcaires dissous) constitue la partie essentielle de la substance organique de l'os. Plus ou moins abondante selon les os, elle en représente en moyenne un tiers du poids. Privé de ses sels minéraux, l'os devient souple, flexible et s'entaille aisément au rasoir. Pour isoler la matière minérale, il faut calciner l'os. Une fois la matière organique brûlée, on obtient un os très blanc et friable, mélange de sels minéraux qui représente, en moyenne, les deux tiers du poids de l'os. Chez les bébés, l'os est un tissu constitué d'environ 70 % de collagène et de 30 % de minéraux.

Variétés du tissu osseux

Les éléments constitutifs du tissu osseux s'organisent de diverses façons. Il existe deux grands types fondamentaux d'organisation des éléments constitutifs du tissu osseux (Bresse, 1968 ; Pépin, 1981 ; Poirier, Cohen et Bernaudin, 1979).

1. Tissu osseux lamellaire

Le tissu osseux lamellaire (tissu osseux « secondaire », « adulte » ou « définitif ») est le type de tissu osseux que l'on trouve normalement chez l'adulte (il est toujours précédé de tissu osseux non lamellaire qu'il remplace progressivement).

La matrice osseuse y est disposée en lamelles superposées. Les fibres collagènes sont arrangées parallèlement selon une direction qui se modifie dans chaque lamelle. Entre chaque lamelle se situent les ostéoplastes qui contiennent les corps cellulaires des ostéocytes.

2. Tissu osseux non lamellaire

Le tissu osseux non lamellaire (tissu osseux « primitif » ou « immature ») est le type de tissu osseux qui apparaît en premier ; il sera toujours remplacé par du tissu osseux lamellaire. Dans certaines circonstances particulières (réparation de fractures, certaines tumeurs osseuses), la formation accélérée de tissu osseux chez l'adulte aboutit toutefois à du tissu osseux non lamellaire. Dans le tissu osseux non lamellaire, la matrice organique n'est pas disposée en lamelles régulières et les fibres de collagènes ne sont pas orientées parallèlement à l'intérieur de chaque couche ; les cellules y sont plus abondantes que dans le tissu lamellaire. Après l'âge de 15 ans, il n'y a pratiquement plus trace de tissu osseux primaire dans le squelette, alors que les os du fœtus en sont entièrement composés.

L'observation à l'œil nu ou à la loupe permet de reconnaître deux modalités architecturales du tissu osseux lamellaire aussi bien que non lamellaire.

a. Tissu osseux spongieux

La substance spongieuse est constituée par un lacis tridimensionnel de trabécules de tissu osseux, ramifiées et anastomosées, qui délimitent un système labyrinthique d'espaces intercommunicants occupés par de la moelle osseuse et des vaisseaux.

b. Tissu osseux compact

La substance compacte se présente comme une masse, solide et continue de tissu osseux, dans laquelle des espaces ne peuvent être décalés qu'au microscope.

Chez l'adulte, tissu osseux spongieux et tissu osseux compact (tous deux de type lamellaire) ont une répartition topographique précise dans les diverses pièces osseuses qui constituent le squelette (Figure 2.3).

Ossification

Le processus par lequel se forme le tissu osseux est appelé ***ostéogenèse*** ou ossification. L'ostéogenèse concerne la formation de toutes les composantes du tissu osseux (pas seulement des minéraux, comme c'est le cas lorsqu'on parle de calcification). Ainsi, le terme ostéogenèse ne désigne pas seulement la formation d'un os mais aussi, au sens large, la croissance et le remodelage du tissu osseux.

Au moment de la formation de tissu chez le jeune embryon, les cellules semblables se distribuent en trois couches cellulaires (feuillets) : l'ectoderme forme l'enveloppe externe du corps et le tissu nerveux ; l'endoderme donne naissance au tube digestif et à ses annexes ; le mésoderme, situé entre l'ectoderme et l'endoderme, forme le squelette et les muscles. Les tissus conjonctifs qui se transforment en tissu osseux proviennent des cellules du mésoderme (mésenchyme) embryonnaire.

Les pièces squelettiques commencent à apparaître vers la troisième ou la quatrième semaine du développement embryonnaire. Chez l'embryon, le précurseur de l'os est soit un cartilage soit une membrane de tissu fibreux. La clavicule est généralement la première partie du squelette à s'ossifier.

Ostéogenèse

Selon la nature du tissu non osseux au sein duquel le tissu osseux se forme, on distingue deux types d'ossification (Marieb, 1999 ; Tortora et Grabowski, 1994).

a) Ossification intramembraneuse (os du crâne) : les tissus du mésoderme (mésenchyme) se transforment directement en tissu osseux.

b) Ossification endochondrale (os des membres) : les tissus du mésoderme (mésenchyme) se transforment en tissu cartilagineux qui formera, par la suite, du tissu osseux.

a) Ossification intramembraneuse

Jusqu'à la sixième semaine environ, le squelette est constitué de tissu membraneux et de cartilage hyalin. Les os plats du crâne et certains os de la face se développent dans un tissu conjonctif jeune et riche en fibres collagènes. L'ossification intramembraneuse s'amorce dans une zone limitée (généralement au centre du futur os) lorsque certaines cellules mésenchymateuses indifférenciées du tissu conjonctif se multiplient par mitose, puis se transforment en ostéoblastes. Cette zone est appelée ***centre primaire d'ossification***. En fait, dès qu'une petite plaque de tissu osseux

s'est formée, d'autres cellules mésenchymateuses adjacentes se différencient en ostéoblastes qui se disposent tout autour de la plaque osseuse. Ces nouveaux ostéoblastes continuent le processus d'ossification et des travées osseuses à disposition radiaire se forment et s'anastomosent (se lient entre elles). Ainsi l'ossification progresse graduellement à partir du centre primaire d'ossification, formant une « dentelle » osseuse extrêmement fine et qui s'étend par sa périphérie. Le tissu osseux à ce stade est un tissu osseux spongieux immature dont les cavités sont occupées par du tissu conjonctif, des vaisseaux et des cellules mésenchymateuses. Un périoste se forme assez rapidement autour de la structure osseuse en développement. Des ostéoblastes apparaissent à la surface interne du périoste et commencent à sécréter de la substance ostéoïde, ce que l'on définit comme l'*ossification périostique*. Le résultat est la formation d'une bordure osseuse périphérique (qui formera par la suite les tables interne et externe de l'os compact).

Cette ossification membraneuse survient le plus souvent pendant la vie intra-utérine. Cependant, certains os complètent leur ossification après la naissance. Il en est ainsi des os du crâne qui ne sont pas complètement ossifiés à la naissance et dont la portion non ossifiée, molle, forme les fontanelles du nouveau-né.

b) Ossification endochondrale

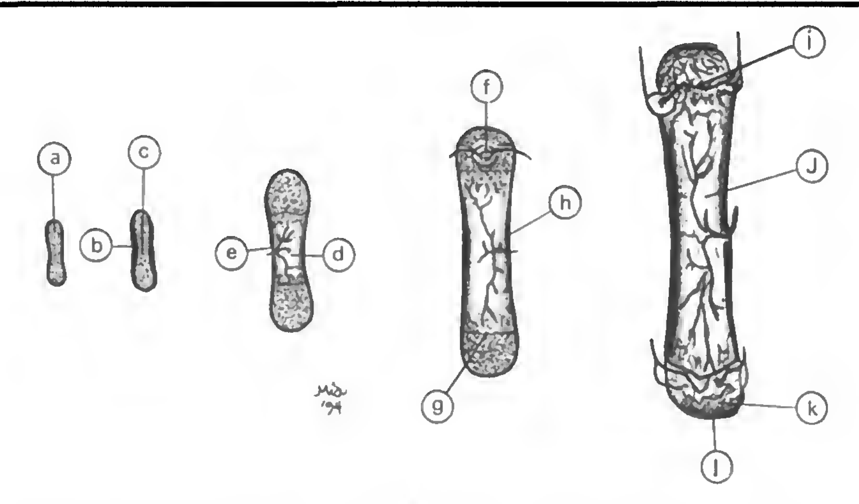
Les os longs, les os courts et certains os plats se développent à partir de modèles embryonnaires cartilagineux. L'exemple le plus typique est celui du développement d'un os long des membranes (Figure 2.7). La transformation du modèle cartilagineux en un os définitif chez l'adulte s'étale sur une période d'environ 15 à 20 ans (elle s'amorce dans l'embryon et se termine après la puberté) et comporte plusieurs processus étroitement intriqués que l'on sépare artificiellement en trois étapes : ossification primaire, ossification secondaire et croissance en longueur et en épaisseur.

Ossification primaire : elle aboubit, à partir du deuxième mois de développement, à la mise en place de tissu osseux non lamellaire d'abord spongieux, puis spongieux et compact.

Ossification primaire de la diaphyse : elle résulte de deux processus évoluant parallèlement, mais de façon séparée. D'une part, en périphérie de la diaphyse, il y a ossification intramembraneuse à partir de la couche interne du périchondre qui devient périoste et réalise une virole, puis un collier de plus en plus étendu et épais (ossification périostique). D'autre part, au centre de la diaphyse, il y a ossification endochondrale qui part du point d'ossification centrodiaphysaire et progresse vers chacune des deux extrémités de l'os. Cette zone d'ossification endochondrale centrodiaphysaire est rapidement creusée en son centre par des ostéoclastes qui ébauchent la future cavité médullaire.

Ossification secondaire des épiphyses : l'ossification secondaire des épiphyses ne s'amorce que dans un deuxième temps (peu avant la naissance ou juste après), alors que l'ossification primaire de la diaphyse est déjà bien avancée. Elle

FIGURE 2.7 **Ossification cartilagineuse**



a. Cartilage ; b. Périchondre ; c. Point d'ossification primaire ; d. Cavité médullaire ; e. Périoste ; f. Point d'ossification secondaire ; g. Cartilage épiphysaire ; h. Substance compacte ; i. Ligne épiphysaire ; j. Moelle ; k. Substance spongieuse ; l. Cartilage articulaire.

s'effectue par ossification endochondrale qui progresse de façon centrifuge à partir d'un point d'ossification centroépiphysaire. L'ossification endochondrale ne s'étend pas à toute la sphère épiphysaire et ménage, en périphérie, le cartilage articulaire et le cartilage épiphysaire.

Croissance de l'os

Déjà chez le fœtus, entre le trentième et le soixante-dixième jour environ, on peut noter l'apparition de cellules cartilagineuses qui se transformeront peu à peu en os. À la naissance, la croissance des os est loin d'être achevée, même si la plus grande partie de la diaphyse et des épiphyses est ossifiée.

Simultanément au processus d'ostéogenèse qui le transforme, l'os augmente de taille, sa croissance en longueur, assurée par le cartilage épiphysaire, ne prendra fin qu'entre 18 et 25 ans, alors que l'épiphyse et la diaphyse seront complètement soudées. Toutefois, la croissance de l'os en épaisseur se poursuivra la vie durant, à l'intérieur du périoste (Bresse, 1968 ; Weineck, 1985).

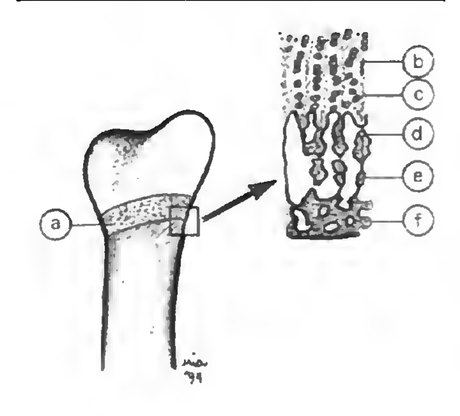
Croissance de l'os en longueur

La croissance en longueur s'effectue au niveau des cartilages épiphysaires (Figure 2.8). Il y a d'abord production d'un nouveau cartilage (face épiphysaire), ce qui entraîne l'allongement de l'os et l'ossification de ce cartilage (face diaphysaire). Autrement dit, le cartilage ainsi formé se transforme en os. En pratique, ces deux phénomènes (formation et ossification du cartilage) sont simultanés. L'os conserve donc toute sa solidité pendant la croissance. Dès 1747, Stephen Hales montra que l'allongement de l'os découlait de l'action des cartilages épiphysaires.

Croissance de l'os en épaisseur

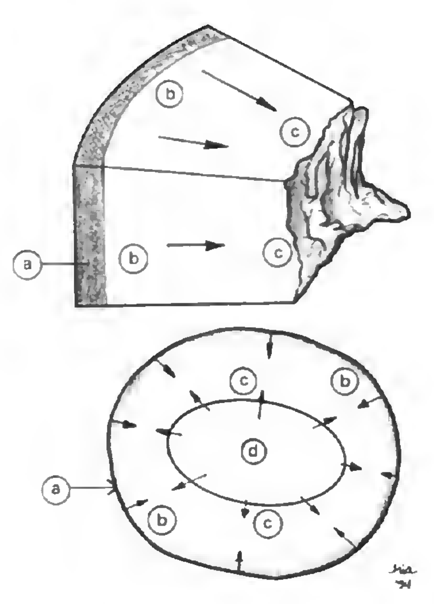
Ici, c'est le périoste qui joue un rôle fondamental. La face profonde du périoste (celle appliquée contre l'os) produit de nouveaux tissus osseux et l'os augmente progressivement d'épaisseur (Figure 2.9). Si ce processus était isolé, il y aurait, parallèlement à l'augmentation d'épaisseur, augmentation de poids très importante (ne pas oublier que l'os se compose avant tout de sels calcaires) et le squelette de l'adulte finirait par peser des centaines de kilos. Pour éviter cela, un deuxième phénomène intervient dans la croissance en épaisseur de l'os. Simultanément, les éléments de moelle osseuse détruisent une partie de la matière osseuse, ce qui entraîne l'élargissement de la cavité médullaire et l'allégement de l'os. En métallurgie, on utilise des tubes métalliques creux plutôt que pleins : ils sont aussi solides, mais beaucoup plus légers. Il est possible que la charpente humaine ait servi de modèle en cette matière. La croissance de l'os en épaisseur procède donc d'un double phénomène : la construction osseuse à partir du périoste et la destruction osseuse par la moelle osseuse (rôle dévolu à des cellules spéciales, appelées ostéoclastes). Le rôle du périoste dans l'épaississement de l'os a été d'abord mis en lumière, en 1741, par les expériences de Duhamel, expériences confirmées par celles de Flourens en 1840.

FIGURE 2.8 **Croissance de l'os en longueur**



a. Cartilage épiphysaire ; b. Cartilage hyalin ; c. Cartilage sérié (nouveau) ; d. Destruction cartilagineuse ; e. Ossification ; f. Os nouveau.

FIGURE 2.9 **Croissance de l'os en épaisseur**



a. Périoste ; b. Construction osseuse ; c. Destruction osseuse ; d. Cavité médullaire.

Remodelage de l'os

Selon Pépin (1981), on distingue chez l'être humain deux types de remodelage des os : l'interne et l'externe.

a) Remodelage interne (fonctions métabolique et mécanique)

Grâce à l'action conjuguée et équilibrée des ostéoblastes — qui contribuent à la formation du tissu osseux — et des ostéoclastes — qui permettent sa résorption —, la substance osseuse, qu'elle soit compacte ou spongieuse, se transforme sans cesse pour assurer un constant renouvellement du tissu osseux qui ainsi ne risque pas de vieillir ou de se nécroser. Bien sûr, pendant la croissance, l'action des ostéoblastes est plus importante que celle des ostéoclastes, pour permettre à l'os d'atteindre sa taille adulte. À la fin de la période de croissance, les deux processus s'équilibrent. Lorsque, à l'approche de la vieillesse, la résorption excède la formation de tissu osseux, se confirme le phénomène de l'ostéoporose sénile (douleurs dorso-lombaires), alors que l'os devient plus friable.

Ce remodelage continuel permet au tissu osseux ainsi éliminé de se métaboliser, c'est-à-dire de relâcher des sels minéraux capables d'assurer des taux sanguins normaux et de garantir un apport calcique et phosphorique adéquat aux autres tissus. De plus, grâce au remaniement de sa structure interne, l'os sera toujours en mesure de s'adapter à de nouvelles conditions mécaniques. Comme le muscle, l'os sera renforcé par une grande activité ou affaibli et atrophié par un manque d'activité (ostéoporose d'inactivité). Par exemple, chaque fois que des astronautes doivent vivre plusieurs jours de suite en état d'apesanteur, on note une importante déperdition de masse osseuse qui peut atteindre 20 %.

b) Remodelage externe (fonctions morphologique et structurale)

Si l'humérus de l'enfant et l'humérus de l'adulte présentent la même anatomie extérieure, cette similitude invariable découle de l'équilibre entre les processus interne et externe de remodelage. L'action externe des tissus osseux assure le renouvellement de la forme et de la structure de l'os ; mais, alors que le remodelage interne de l'os se poursuit la vie durant, son remodelage externe cesse en même temps que s'arrête la croissance de l'individu.

Facteurs influençant la croissance et le remodelage des os

Plusieurs facteurs interviennent dans le développement normal de l'os (Marieb, 1999 ; Pépin, 1981 ; Perrot, 1984 ; Spence et Mason, 1983 ; Tortora et Grabowski, 1994).

1. Influences nutritionnelles

La croissance et le remodelage des os dépendent en partie des vitamines A, B12, C et D.

La ***vitamine A*** est essentielle à la vision nocturne, à la croissance des os et des dents, et à la réparation des tissus. Plus spécifiquement, elle aide à régler l'activité

des ostéoblastes et des ostéoclastes. Une carence en vitamine A entraîne un développement lent et déficient des os et des dents.

La ***vitamine B12*** est nécessaire à la formation des globules rouges (érythrocytes). Une carence en vitamine B12 provoque l'anémie pernicieuse et perturbe l'activité des ostéoblastes.

La ***vitamine C*** favorise le métabolisme des protéines (y compris la déposition du collagène dans la formation du tissu conjonctif). Elle aide au maintien de la matrice osseuse et d'autres tissus conjonctifs. Une carence en vitamine C réduit la production de collagène, ce qui ralentit la croissance de l'os, la guérison d'une fracture ou provoque des douleurs dans les articulations.

La ***vitamine D*** est un stérol liposoluble. La vitamine D dont l'humain dispose trouve son origine dans deux sources totalement différentes : la peau (80 %) et les aliments (20 %). Sous l'action des rayons ultraviolets de la lumière solaire, les stérols, naturellement présents dans l'organisme, se transforment en vitamine D3 (le calcitriol, qui en est un dérivé actif et qui agit comme hormone). Ainsi, la vitamine D3 facilite l'absorption du calcium et du phosphate qui, transporté de l'intestin vers le sang, sert à la formation des os. Une carence en vitamine D3 entraîne un ramollissement de l'os. Chez les enfants, le ramollissement des os (***rachitisme***) engendre des courbures anormales : jambes arquées (ramollissement du fémur) et thorax en carène (ramollissement du sternum), à titre d'exemples. Chez l'adulte, une carence en vitamine D peut provoquer l'***ostéomalacie***; elle entraîne de plus une réduction du tonus musculaire.

2. Influences hormonales

Le tissu osseux est sensible à plusieurs hormones qui régularisent son homéostasie. Les trois principales d'entre elles sont l'hormone parathyroïdienne (ou parathormone, PTH), la calcitonine et le calcitriol. Leur action est directement liée à la calcémie (concentration plasmique du calcium). D'autres hormones qui exercent un rôle dans le développement osseux, telles les hormones thyroïdiennes, les hormones sexuelles et l'hormone de croissance (*GH*, *growth hormone*), seront abordées ici de façon succincte.

Indispensable au corps humain, le calcium est l'un des minéraux les plus important et celui qui se trouve en plus grande quantité dans l'organisme (1,5 % à 2 % du poids corporel). Il est essentiel à la constitution des os auxquels il donne solidité et rigidité. En effet, les os ont entre autres rôles celui de stocker du calcium dans l'organisme (dont 99 % dans les os). La croissance osseuse, qui comprend le processus d'ossification (ostéoblastes) et de résorption (ostéoclastes), permet aux os de remplir un rôle régulateur de la calcémie.

La régulation de la calcémie est primordiale pour la vie et dépend de trois hormones. L'équilibre est assuré principalement par deux hormones antagonistes : la parathormone hypercalcémiante et la calcitonine hypocalcémiante. La troisième hormone, le calcitriol, stimule l'absorption du calcium. Dès les premiers moments

de la vie, ces processus se mettent en place. Le fœtus puise le calcium dans les réserves osseuses de sa mère. Quant aux enfants et aux adolescents, un bon équilibre alimentaire leur est essentiel pour stocker un maximum de calcium dans leur corps. En cas de dysfonctionnements hormonaux ou d'absorption calcique insuffisante, l'individu risque d'épuiser sa réserve osseuse de calcium. Une carence en calcium peut causer de graves maladies osseuses : *rachitisme*, *ostéomalacie*, et *ostéoporose*. Il est donc primordial de maintenir un bilan calcique positif pendant la croissance.

La *PTH* est une protéine sécrétée par la parathyroïde. La PTH permet une meilleure absorption du calcium, au niveau de l'intestin grêle, par stimulation de la synthèse de la vitamine D3. La PTH stimule les ostéoclastes. Elle entraîne donc une augmentation de la résorption osseuse qui «libère» le calcium contenu dans l'os.

La *calcitonine*, produite par certaines cellules de la thyroïde et des parathyroïdes, est hypocalcémiante. Son action est diamétralement opposée à la PTH : premièrement, elle inhibe l'activité des ostéoclastes; deuxièmement, elle favorise l'absorption de calcium par les os.

Finalement, avec la collaboration de la PTH, le *calcitriol* stimule l'absorption intestinale du calcium.

Au cours de la grossesse, le fœtus «dépouille» sa mère de son capital en calcium. À partir de la trentième semaine, lorsque les besoins du fœtus se font véritablement sentir, la résorption osseuse maternelle, induite par la PTH et le calcitriol, fournit au fœtus le calcium nécessaire à l'acquisition de son capital osseux.

Toute carence en calcium peut entraîner les symptômes suivants :

- les os deviennent plus mous et plus fragiles (*ostéomalacie* chez les adultes) ;
- l'hypocalcémie provoque l'arrêt de l'ossification (*rachitisme*).
- la *déminéralisation* osseuse ;
- des risques potentiels d'*ostéoporose* dans l'avenir ;
- un risque accru de *fracture*.

Hormones thyroïdiennes : les hormones sont essentielles à la croissance normale de l'enfant et à la maturation de son tissu osseux, surtout au niveau des cartilages épiphysaires. L'*hypothyroïdisme* (insuffisance thyroïdienne) peut se traduire par des anomalies dans l'ossification du squelette et la croissance du tissu conjonctif. Cette insuffisance peut amener un retard mental que l'on appelle *crétinisme*. L'hypothyroïdisme grave chez l'adulte porte le nom de *myxœdème* (bouffissure du visage et des paupières, qui s'accompagne d'un gonflement de la langue et du larynx) ; il est plus répandu chez les femmes que chez les hommes.

Hormone de croissance (GH) : elle intervient de façon importante dans la croissance en longueur des os, par son action sur les cartilages épiphysaires. Un excès d'hormone de croissance retarde l'ossification des cartilages épiphysaires, de sorte que les os longs continuent à se développer ; ce qu'on appelle le *gigantisme hypophysaire*. Dans le cas contraire, il y a accélération de l'ossification des cartilages épiphysaires ; ce qu'on appelle le *nanisme hypophysaire*. Si un excès survient

après ossification des cartilages, on observe une croissance anormale des os, surtout des mains, de la face et des pieds. Cette anomolie se nomme ***acromégalie.***

Hormones sexuelles : elles jouent un rôle important dans la croissance en longueur. Elles augmentent l'activité osseuse des ostéoblastes. Une poussée de croissance très nette survient juste avec la puberté, sous l'influence des taux croissant d'estrogènes chez la fille, d'androgènes chez le garçon. Chez la femme, à la ménopause, la disparition de cette hormone est responsable d'une perte osseuse importante.

3. Influences sanguines

On ne connaît que très imparfaitement les effets élémentaires des troubles circulatoires sur le tissu osseux. Il semble toutefois que l'hyperhémie (affluence de sang dans le tissu) entraîne une déminéralisation, tandis que la stase (baisse de l'irrigation sanguine) cause une hyperformation osseuse.

4. Influences génétiques

Parfois, sous l'influence de facteurs héréditaires et de facteurs hormonaux, les cartilages épiphysaires ne sont actifs que pendant une courte période. Cette anomalie, l'***achondroplasie***, s'observe chez des nains dont les jambes et les bras sont courts, mais la tête et le tronc de taille normale. Cette affection héréditaire rare touche environ un individu sur 20 000.

5. Influences de l'âge

La masse osseuse évolue pendant toute la durée de la vie. On peut distinguer trois périodes.

La phase de croissance osseuse jusqu'à 20 ans : pendant cette période se constitue le capital osseux maximum. Plusieurs processus interviennent dans cette étape de formation osseuse qu'on appelle le pic (sommet) de masse osseuse.

La phase de plateau jusqu'à 35-40 ans : pendant cette période, la masse osseuse reste stable.

La phase de perte osseuse : lente et régulière chez l'homme, elle est rapide chez la femme ménopausée. Ce déséquilibre important est lié chez elle à la disparition des hormones sexuelles féminines. La perte osseuse touche d'abord l'os trabéculaire. Chez le sujet plus âgé, la perte osseuse ralentit, mais persiste, favorisée par une carence en vitamine D et un régime pauvre en calcium.

En général, lorsque l'on passe de l'âge mûr à un âge avancé, on peut dire que se manifeste une perte de calcium au niveau des os et qu'une partie de ce calcium va se déposer sur les parois des artères, ce qui entraîne leur durcissement, ou bien dans les zones cartilagineuses du squelette, par exemple les cartilages costaux. Cette décalcification sénile a pour résultats une déperdition de l'élasticité de la paroi thoracique et les os des membres deviennent moins « souples » et moins adaptés à leurs rôles de levier et de soutien du poids du corps. Autres conséquences : les os

sont davantage exposés aux fractures dont ils se remettent en outre plus lentement en raison d'un apport sanguin diminué.

6. Influences mécaniques

L'os peut ployer comme le fer forgé et supporter du poids avec l'aisance de l'acier trempé. En d'autres mots, il possède des qualités d'élasticité et de rigidité qu'il tient de sa composition chimique : il est composé d'environ un tiers de matières organiques, qui lui assurent résistance, élasticité et flexibilité; de deux tiers de matières inorganiques, qui lui assurent dureté et rigidité. Pour ce qui est enfin de l'influence mécanique, il faut préciser qu'en fonction des contraintes qui lui sont appliquées, l'os se renforcera ou, au contraire, ne se renforcera pas. Ce qui évitera que l'os plie ou brise. Le renforcement osseux touche davantage l'os du fémur que l'os du bras.

Résultat : « une adaptation de la pièce osseuse à sa fonction », adaptation qui se manifeste dans tous les détails de sa structure. L'orientation que prennent dans l'os les travées osseuses est celle qui leur permet de résister le mieux possible aux forces qui s'exercent sur elles. Ce qui explique les travées en ogive au niveau des parties spongieuses de l'épiphyse. Il en va de même pour la diaphyse qui présente, comme disposition générale, une conformation tubulaire adéquate et, dans la paroi du tube, des systèmes columellaires. Ces éléments sont orientés de manière à offrir la résistance maximale aux principales tractions ou pressions.

L'os est soumis à deux types importants de tension : les forces compressionnelles, comme celles qu'engendrent le support de la masse du corps et les forces fonctionnelles, comme celles qui résultent de la traction exercée sur les os par la contraction des muscles. Il a été démontré qu'en l'absence d'une de ces deux forces, l'os ne se développe pas normalement. Les conditions d'apesanteur dans les vaisseaux spatiaux, ou encore un membre paralysé ou immobilisé dans un plâtre pendant un certain temps, en sont deux exemples.

7. Influences de l'exercice

La pratique d'une activité physique (par exemple : la marche, la course, le ski de randonnée, le tennis, etc.) est essentielle à la santé et particulièrement à la nutrition du squelette. L'immobilisation prolongée du squelette ou d'un os induite par l'inactivité (la télévision, les jeux vidéo, le travail de bureau, une fracture, une maladie, une paralysie, etc.) entraîne une raréfaction du calcium au niveau de l'os, et les sels calciques peuvent alors se déposer dans d'autres régions du corps, par exemple au niveau des reins sous forme de calculs.

En pareil cas, il est de mise de pratiquer des exercices qui comportent un certain « stress mécanique » ou des « contraintes de charge » pour préserver l'équilibre osseux du corps. Par exemple, l'aérobique pratiquée de façon modérée augmente le capital osseux tandis que la natation n'a aucun effet en ce sens. Cependant, l'âge est une variable importante dont il faut tenir compte dans le choix de ses activités de loisir. Ce qui était profitable à 20 ans ne l'est plus à 50 ans.

Lésions osseuses

1. Fracture

Définition : rupture d'un os.

Causes :

a) lésions traumatiques (exemple : chute) ;

b) lésions dégénératives (exemple : tumeur) ;

c) lésions par compression ou tassement (exemple : coup sur la tête avec un objet contondant) ;

d) lésions inflammatoires (exemple : ostéomyélite).

On peut classer les fractures de trois façons.

1. D'après les lésions causées aux tissus environnants :
   a. fracture simple, lorsque la peau n'est pas déchirée ;
   b. fracture ouverte, lorsque la peau et les tissus adjacents sont déchirés par l'os brisé.
2. D'après la ligne de fracture :
   a. fracture incomplète, si la ligne de fracture ne sépare l'os que partiellement ;
   b. fracture complète, lorsque la ligne de fracture sépare l'os en deux fragments distincts ;
   c. fracture concomitante, s'il y a plusieurs lignes de fracture et si l'os est séparé en de nombreux fragments.
3. D'après la direction de la ligne de fracture par rapport à l'os :
   a. fracture transverse, suivant un plan transversal de l'os ;
   b. fracture oblique, suivant un plan oblique de l'os ;
   c. fracture spiroïde, suivant une forme spirale.

2. Ostéoporose

Définition : cette maladie osseuse, liée au vieillissement pour des raisons hormonales, touche surtout les femmes et se caractérise par une fragilisation des os engendrée par la diminution progressive de la densité osseuse. Elle frappe 25 % des femmes de 60 à 75 ans et 50 % des femmes de plus de 75 ans. À 70 ans, la densité du squelette a diminué d'environ un tiers. Les personnes de race blanche y sont plus sujettes que les personnes de race noire. L'ostéoporose atteint surtout les hanches, la colonne vertébrale et les poignets. La moindre chute peut entraîner des fractures. On a relevé un taux de 40 % de fractures chez les femmes de 50 ans et plus, et de 13 % chez les hommes.

Causes : un déséquilibre, à l'avantage des ostéoclastes, entre les ostéoblastes (cellules assurant la formation du tissu osseux) et les ostéoclastes (cellules assurant la destruction du tissu osseux).

Les facteurs responsables de ce déséquilibre sont multiples :

- le prolongement de la vie après la ménopause;
- un excès de corticostéroïdes;
- moins d'activités physiques;
- un régime pauvre en calcium et en protéines;
- une anomalie des récepteurs de la vitamine D;
- le tabagisme qui réduit les taux d'estrogènes;
- des facteurs hormonaux (l'hyperthyroïde et le diabète sucré);
- l'immobilité prolongée à la suite d'une fracture ou d'une paralysie;
- la musculation (les femmes courtes sont plus à risque);
- le poids (les femmes minces sont plus à risque);
- certaines drogues et l'alcool;
- l'hérédité (60 à 80 % de la masse osseuse en dépend).

3. Ostéomalacie

Définition : décalcification osseuse, chez l'adulte et le sujet âgé, qui provoque la déminéralisation et l'amollissement des os.

Causes : l'ostéomalacie, équivalent chez l'adulte du rachitisme chez l'enfant, est due à une minéralisation osseuse de mauvaise qualité, elle-même liée à une carence en vitamine D qui peut résulter d'un apport alimentaire insuffisant ou, plus souvent, d'une absorption insuffisante de vitamine D (maladie du pancréas, intolérance au gluten). Elle peut résulter d'une intoxication de l'os par certaines substances (fluor, biphosphonates) ou être le fait d'une baisse importante du taux de phosphore dans le sang (insuffisance rénale chronique).

4. Rachitisme

Définition : maladie de l'enfance et de l'adolescence qui se traduit par une minéralisation insuffisante de l'os et entraîne des déformations osseuses et des os mous.

Cause : la carence en vitamine D peut être provoquée par un déficit alimentaire, surtout dans les pays pauvres et dans les pays où la lumière du soleil se fait rare.

5. Ostéomyélite

Définition : maladie grave, infectieuse, chronique ou aiguë, du tissu osseux.

Cause : le microbe responsable de l'ostéomyélite est le staphylocoque doré. Il contamine l'os par voie sanguine, à partir d'une infection locale (plaie infectée,

abcès, fracture ouverte). Cette maladie atteint surtout les os longs; elle se déclare plus particulièrement chez les enfants et les adolescents.

6. Gigantisme

Définition : taille anormalement grande par rapport à la taille moyenne des individus de même âge et de même sexe.

Causes : le véritable gigantisme pathologique, responsable d'une très grande taille définitive, est le fruit d'une hypersécrétion par l'hypophyse de l'hormone somatotrope, ou hormone de croissance, qui se manifeste avant la fin de la puberté. Il s'agit d'une acromégalie (développement excessif des os de la face et des extrémités des membres) prépubertaire.

7. Acromégalie

Définition : affection caractérisée par des modifications morphologiques hypertrophiques des mains, des pieds et de la tête, associées à des troubles cardiaques. Cette maladie rare affecte environ 40 individus sur 1 million, essentiellement des femmes âgées de 30 à 40 ans.

Causes : chez l'adulte, dont la croissance osseuse est terminée, elle est due à une hypersécrétion de l'hormone de croissance (somathormone) par un adénome (tumeur bénigne) de l'antéhypophyse, lobe antérieur de l'hypophyse. Chez le jeune sujet encore susceptible de grandir, ce dérèglement hormonal provoque le gigantisme.

8. Nanisme

Définition : petitesse anormale de la taille par rapport à la taille moyenne des individus de même âge et de même sexe.

Causes :

a) Anténatales. On y dénombre le retard de croissance intra-utérin, les anomalies osseuses constitutionnelles dont la plus fréquente est l'achondroplasie (maladie génétique touchant le squelette, un individu sur 20 000), certaines anomalies chrosomiques qui conduisent à diverses malformations (trisomie 21, syndrome de Turner).

b) Postnatales. Anomalies endocriniennes : hypothyroïde (absence ou déficience de la glande thyroïde) ; production insuffisante d'hormone de croissance ; ou, plus rarement, hypercorticisme (sécrétion excessive d'une ou de plusieurs hormones corticosurrénales). Certaines maladies sont parfois responsables du nanisme. La malnutrition et la carence affective peuvent également être à l'origine d'un nanisme. Enfin, dans certains cas, aucune cause n'est évidente.

9. Maladie osseuse de Paget

Définition : la maladie osseuse de Paget (MOP), décrite en 1876 par sir James Paget, est une ostéopathie bénigne, localisée à une ou plusieurs pièces osseuses,

caractérisée par un dérèglement focal du remodelage osseux qui conduit à une hypertrophie des os et à une structure osseuse anormale. Ces anomalies peuvent rester asymptomatiques ou entraîner des douleurs et des déformations. La progression locale de la maladie mène à des complications osseuses (fractures, dégénérescence sarcomateuse), articulaires (arthropathies pagétiques) ou neurologiques (souffrance médullaire, surdité...). Cette affection commune touche 3 % des personnes de plus de 40 ans. Sa fréquence croît avec l'âge et elle atteint 10 % des individus au-delà de 80 ans.

Causes : le déséquilibre entre la formation et la destruction du tissu osseux reste une énigme. Il existe sans doute une prédisposition génétique à ce phénomène. L'hypothèse d'une cause infectieuse, éventuellement virale, est aussi envisagée, mais on est loin d'en avoir la certitude.

Réparation osseuse

L'os fracturé se sépare habituellement en deux fragments. Au moment du choc, ces deux fragments sont déplacés, de telle sorte que leurs extrémités ne sont pas parfaitement alignées. Il est important, pour que la réparation osseuse s'effectue bien, que ces deux fragments soient replacés. Ce qui se fait soit par manipulation soit par intervention chirurgicale : c'est ce qu'on appelle la *réduction* de la fracture. La fracture est ensuite immobilisé, habituellement, un plâtre suffit; certains cas nécessitent l'utilisation de clous ou de plaques pour maintenir ensemble les fragments.

Les étapes de réparation de l'os se décrivent comme suit (Marieb, 1999).

1. Formation du caillot : les vaisseaux sanguins, endommagés au site de la fracture, causent la formation d'un caillot de sang, ou hématome, autour et entre les fragments.
2. Invasion du caillot par des fibroblastes et par de nouveaux capillaires sanguins. Les fibroblastes sont des cellules conjonctives jeunes qui ont une grande capacité de régénération; ils répondent très rapidement à toute lésion en proliférant activement et en procédant à la fibrogenèse (formation de fibres collagènes). C'est pourquoi ils sont un des principaux agents de la réparation tissulaire dans tous les tissus conjonctifs, y compris les tissus peu propres à la régénération, par exemple ceux du muscle cardiaque.
3. Formation du callus fibreux, c'est-à-dire d'un pont fait de fibres collagènes élaborées par les fibroblastes, pont qui relie les deux extrémités des fragments.
4. Formation du nouveau tissu osseux, à partir du callus fibreux et ce, grâce à l'action des cellules ostéogéniques des couches profondes du périoste et de l'endoste. Le résultat est un callus osseux ou pont osseux qui relie les deux fragments.

Le processus de réparation de la fracture s'étend sur 4 à 6 semaines, selon la gravité de la lésion, l'âge du sujet et la qualité des soins reçus.

Caractéristiques structurales

L'étude des os du squelette est facilitée par la connaissance des termes qui servent à décrire les caractéristiques structurales des os (Wells, 1971), qu'on peut classer en quatre groupes.

A. Caractérisques : saillies et éminences

1. Apex : extrémité pointue d'une structure conique ou pyramidale.
   Exemple : apex de la tête fibulaire (fibula).
2. Arc : structure ayant la configuration d'une courbe.
   Exemple : arc vertébral (vertèbre).
3. Condyle : extrémité ovalaire permettant l'articulation avec un autre os.
   Exemple : condyle latéral du fémur (fémur).
4. Crête : saillie linéaire d'une structure anatomique.
   Exemple : crête iliaque (os coxal).
5. Éminence : saillie régulièrement arrondie d'une surface anatomique.
   Exemple : éminence hypothénar (main, côté du petit doigt).
6. Épicondyle : petite projection osseuse non articulaire située sur la partie supérieure ou au-dessus du condyle d'un os.
   Exemple : épicondyle médial de l'humérus (humérus).
7. Épine : saillie mince et pointue d'une structure anatomique.
   Exemple : épine iliaque supérieure (os coxal).
8. Ligne : petite crête osseuse.
   Exemple : ligne âpre (fémur).
9. Processus : excroissance volumineuse ou expansion, nettement détachée, d'un organe.
   Exemple : processus coracoïde (scapula).
10. Protubérance : saillie régulièrement arrondie d'une structure anatomique.
    Exemple : protubérance mentonnière (menton).
11. Tête : extrémité plus renflée d'une structure anatomique.
    Exemple : tête du fémur (fémur).
12. Tubercule : petit nodule arrondi à la surface d'un os.
    Exemple : tubercule de l'adducteur (fémur).
13. Tubérosité : saillie volumineuse, arrondie et plus grosse qu'un tubercule.
    Exemple : tubérosité deltoïdienne (humérus).

B. Caractérisques : dépressions

1. Col : partie rétrécie d'une structure anatomique, semblable au cou.
   Exemple : col du radius (radius).

2. **Creux** : région du corps caractérisée par sa profondeur.
   Exemple : creux poplité (genou, postérieur).

3. **Empreinte** : marque laissée par la pression d'une structure anatomique sur une autre.
   Exemple : empreinte du ligament costoclaviculaire (clavicule).

4. Fosse : cavité faisant souvent office de surface articulaire.
   Exemple : fosse olécrânienne (humérus).

5. Fossette : petite fosse.
   Exemple : fossette de la tête fémorale (fémur).

6. Incisure : encoche pratiquée à la surface ou en bordure d'une structure anatomique.
   Exemple : incisure scapulaire (scapula).

7. **Sillon** : dépression linéaire à la surface d'une structure anatomique.
   Exemple : sillon intertuberculaire (humérus).

8. Sinus : cavité aérifère, creusée dans certains os de la tête et tapissée de la muqueuse nasale.
   Exemple : sinus frontal (tête).

C. Caractérisques : orifices

1. Foramen : orifice au niveau d'une structure osseuse ou d'une membrane.
   Exemple : foramen obturé (os coxal).

2. Hiatus : ouverture ou fente le plus souvent étroite.
   Exemple : hiatus aortique (diaphragme, tronc).

D. Caractérisques : spécifiques ou uniques

1. **Angle** : espace défini par deux bords.
   Exemple : angle supérieur de la scapula (scapula).

2. **Bord** : limite entre deux faces ou surfaces d'une structure anatomique.
   Exemple : bord médial de la scapula (scapula).

3. Corps : partie principale d'une structure anatomique.
   Exemple : corps vertébral (vertèbre).

4. **Lame** : structure anatomique plate et mince.
   Exemple : lame vertébrale (vertèbre).

Le saviez-vous ?

1. Quelle est la différence entre le squelette d'une femme et le squelette d'un homme qui sont de même taille? Le bassin de la femme est plus large que celui de l'homme et moins profond, de façon à faciliter les accouchements. La seule autre différence squelettique réside dans les arcades sourcilières, plus épaisses chez l'homme.
2. L'ostéotomie est la section chirurgicale d'un os pour en modifier l'axe, la taille ou la forme.
3. Les os bipartites sont des os formés de deux parties normalement fusionnées en un seul os. Cette anomalie est la conséquence de l'absence de soudure de deux points d'ossification de ces os. Exemple : l'os naviculaire bipartitum (pied).
4. Le préclavium est un os disparu chez l'homme, dont le reliquat serait le disque articulaire de l'articulation acromioclaviculaire (voir chapitre 5).
5. L'orthopédie est la science qui traite des maladies, difformités et anomalies du système locomoteur.
6. Le plus gros os constant est le fémur.
7. Le plus petit os constant est le stapès, qu'on appelle aussi étrier (oreille moyenne).
8. Le collagène sert au stockage des minéraux. Lorsqu'il disparaît (comme chez la femme ménopausée), il n'est pas remplacé, non plus que les minéraux.
9. Les os se conservent longtemps après la mort, en raison de la grande quantité de minéraux qu'ils renferment.
10. Rien dans le corps humain n'est plus dur et plus résistant à la destruction, après la mort, que les dents. Mais rien non plus n'est plus sujet à la décomposition durant la vie.
11. L'indice médullaire est le rapport qui existe entre le diamètre minimal du canal médullaire et le diamètre minimal de la diaphyse. Chez l'adulte, sa valeur varie entre 0,40 et 0,50. Cet indice présente un intérêt médicolégal car il permet de différencier les os humains des os des autres espèces animales.
12. Certains épiphyses comptent deux ou trois centres d'ossification secondaire qui s'unifient.
13. Les mécanismes qui coordonnent l'activité des cellules osseuses, pour que la forme des os reste inchangée au cours du développement, sont inconnus.
14. L'examen de la moelle osseuse se fait par ponction au niveau du sternum ou de l'aile de l'ilium (os coxal).
15. L'ostéophyte est une excroissance sur le pourtour d'une surface articulaire dont le cartilage est altéré par l'arthrose.



Page laissée blanche

CHAPITRE 3

Généralités sur les articulations

Introduction

Le mot « articulation » est d'un usage si courant qu'on ne peut pas se tromper sur son sens : c'est un moyen d'union. Cette union peut produire une immobilité comme coller deux pièces de porcelaine ou entraîner une certaine mobilité comme lorsqu'on utilise deux pentures pour attacher un couvercle à un coffre à jouets. En anatomie, on définit l'articulation comme l'union de deux ou plusieurs pièces osseuses ou cartilagineuses qui permet différents types de mouvements. Comme on peut le constater dans les deux cas, il y a un continuum de mobilité. On ne doit pas tenir compte du degré de mouvement permis lorsqu'on définit les articulations, car les sutures entre les os du crâne sont des articulations au même titre que l'articulation du coude ou celle du genou.

La plupart des articulations du corps sont mobiles, souples et lubrifiées. Le cartilage articulaire protège et favorise les mouvements des extrémités de l'os. Des ligaments renforcent la stabilité de l'articulation en limitant ses mouvements à une amplitude normale.

Les articulations se développent au cours des huit premières semaines chez l'embryon à partir du mésenchyme, tout comme les os. À la suite de cette période, on peut constater que les principales caractéristiques d'une articulation synoviale adulte sont présentes.

Les fonctions des articulations

1. Mobilité et flexibilité

La fonction essentielle de l'articulation est la mobilité du squelette. Le squelette appendiculaire permet une plus grande liberté de mouvement que le squelette axial. Ce dernier se borne à des mouvements dits semi-mobiles ou immobiles ; son rôle est plutôt de protéger le corps humain, tandis que le squelette appendiculaire est adapté aux différents mouvements qui caractérisent notre mode de vie : il fait preuve d'une grande diversité de fonctions et d'une flexibilité qui lui permettent de maîtriser des habiletés délicates (par exemple : peindre une toile, enfiler une aiguille, taper à l'ordinateur) et des habiletés grossières (par exemple : faire du ski alpin, monter sur une échelle, faire de la planche à voile).

2. Protection

La deuxième fonction de l'articulation est de protéger certaines structures. Certaines articulations fibreuses et cartilagineuses ne permettent pas beaucoup de mobilité. En général, les articulations sont plus solides que les articulations synoviales car la distance entre les deux os qui la composent y est nulle ou très mince. Le squelette axial est doté de nombreuses articulations qui répondent à cette caractéristique. Ainsi, les sutures au niveau du crâne protègent le cerveau, les symphyses au niveau de la colonne vertébrale protègent la moelle spinale et les synchondroses au niveau du sternum protègent les organes du thorax. De plus, le squelette appendiculaire est plus vulnérable à certaines blessures telles les luxations, les entorses, etc. Dans le cas du squelette axial, il est plutôt question de fractures.

3. Stabilité

La stabilité des articulations (surtout les synoviales) est assurée par plusieurs facteurs (Marieb, 1999; Tortora et Grabowski, 1994).

a) Surfaces articulaires : la hanche, par exemple, doit être très «stable» parce qu'il lui faut supporter le poids du corps, et elle doit être profondément emboîtée. De plus, elle doit permettre des mouvements dans toutes les directions : il faut pouvoir marcher, courir, s'asseoir, s'accroupir, etc. Elle doit assurer la jonction entre le tronc et les membres inférieurs. Il y a cependant une limite à l'augmentation de la souplesse articulaire. Si un certain degré d'amplitude est dépassé, l'articulation devient «instable». Par exemple, l'épaule est en limite d'équilibre et ne reste en place que grâce à ses muscles; aucun autre complexe articulaire de l'homme ne comporte autant de muscles. La coiffe des rotateurs en assure la stabilité. C'est l'articulation la plus «souple» de la machine humaine. En contrepartie, deux défauts graves l'accablent : son instabilité et la surcharge de travail de certains de ses muscles stabilisateurs (en particulier le muscle supra-épineux). L'épaule est l'articulation la plus exposée aux luxations traumatiques (50 % de toutes les luxations, selon certains auteurs).

b) Quantité et localisation des ligaments : si on examine, par exemple, l'articulation de la hanche, on peut remarquer que quatre ligaments importants stabilisent cette articulation. Le ligament iliofémoral, qui est le ligament le plus puissant du corps humain, offre une résistance de plus de 300 kg. Dans bien des cas, plus les ligaments sont nombreux, plus l'articulation est renforcée et protégée.

   La stabilité a aussi parfois ses avantages : les ligaments peuvent empêcher tout mouvement indésirable susceptible de causer une blessure. L'articulation du genou, par exemple, peut être vulnérable à des luxations si les ligaments sont sollicités dans des positions particulières. C'est un fait notoire que l'amplitude des mouvements est limitée lorsque les ligaments sont tendus. Il faut savoir que les ligaments du genou sont lâches lorsque le genou est plié et qu'ils sont tendus lorsque la jambe est allongée. La médecine sportive nous apprend

que les coups les plus dangereux sont ceux portés latéralement sur le genou en extension, coups qui provoquent une luxation.

c) Tendons musculaires : le facteur le plus important pour la stabilité est le tonus musculaire qui joue un grand rôle dans le renforcement des articulations. On est conscient, que même au repos, les tendons musculaires présentent une contraction minimale. La capsule articulaire du genou, par exemple, est fortement renforcée par les tendons musculaires richement innervés. Ainsi, les tendons des muscles (en particulier le quadriceps fémoral et les ischio-jambiers) associés à l'articulation du genou assurent la stabilité. Plus leur force et leur tonus musculaires sont élevés, moins les risques de lésions sont importants.

Classification

Le nom donné à une articulation est fonction de plusieurs critères (Chevrel, Guéraud et Lévy, 1983 ; Marieb, 1999 ; Norkin et Levangie, 1992 ; Pépin, 1981 ; Tortora et Grabowsky, 1994). On distingue les articulations en fonction de leur structure (articulations fibreuses, cartilagineuses ou synoviales) et de leur physiologie (articulations mobiles, peu mobiles ou semi-mobiles, immobiles).

Selon Kahle, Leonardt et Platzer (1988), les divers os du squelette sont unis entre eux soit de manière continue, soit de manière discontinue. On rassemble les unions osseuses continues dans les groupes de fibreuses et de cartilagineuses ; dans ces groupes, deux os sont réunis directement par différents tissus. Les unions osseuses discontinues regroupent les synoviales qui se composent plus particulièrement de surfaces articulaires, d'une capsule articulaire, d'une cavité articulaire entre les pièces osseuses et, le cas échant, de divers autres éléments.

Une articulation est dite simple lorsqu'elle unit deux os entre eux (exemple : articulation coxofémorale). Elle est dite composée lorsqu'elle réunit plus de deux os (exemple : articulation du coude).

On utilise l'expression « degré de liberté » pour décrire la possibilité de mobilisation d'une articulation dans un plan et autour d'un axe. On distingue ainsi des articulations

a) à un degré de liberté (monoaxiales) : déplacement dans un plan de l'espace ;
b) à deux degrés de liberté (biaxiales) : déplacement dans deux plans de l'espace ;
c) à trois degrés de liberté (triaxiales) : déplacement dans trois plans de l'espace.

Articulations fibreuses

Dépourvus de cartilage, les éléments osseux de ces articulations, sont réunis par l'intermédiaire d'un tissu fibreux. Ce sont des articulations presque toujours immobiles. On en distingue quatre types principaux.

a) Syndesmose : articulation fibreuse dont les surfaces osseuses sont reliées par un ligament interosseux. Exemple : syndesmose tibiofibulaire (articulation tibiofibulaire distale).

b) **Suture (synfibrose)** : variété d'articulation fibreuse (Figure 3.1). Elle unit les os de la voûte crânienne entre eux. Chez l'enfant, la suture est constituée par un tissu conjonctif fibreux, envahi progressivement par du tissu osseux. Chez l'adulte, les os sont unis essentiellement par le périoste. Dans le corps humain, on dénombre environ 30 sutures, au niveau de la tête. Les sutures peuvent être planes, dentelées ou écailleuses. Exemple : suture sagittale (entre les deux os pariétaux).

c) **Gomphose (articulation alvéolodentaire)** : articulation fibreuse entre une racine dentaire et son alvéole. Elle ressemble à une cheville qui s'insère dans une cavité.

d) **Schyndilèse (articulation à rainure)** : articulation fibreuse dont les surfaces osseuses en présence ont la forme, l'une de crête et l'autre de rainure; la crête s'encastre dans la rainure. Exemple : schyndilèse vomérosphénoïdale au niveau de la tête.

Le Tableau 3.1 illustre les principales articulations fibreuses de l'organisme.

Articulations cartilagineuses

Les surfaces osseuses de ces articulations (jointure cartilagineuse) sont réunies entre elles par du cartilage. Ce sont des articulations peu mobiles. On en distingue deux types selon la structure du cartilage.

a) **Synchondrose** : variété d'articulation cartilagineuse (Figure 3.2). Elle est constituée de pièces osseuses réunies entre elles par du cartilage hyalin. L'ossification secondaire de ce cartilage amène la fusion des deux os. On dénombre environ une dizaine de synchondroses au niveau de la tête et du sternum. Exemple : synchondroses intersternébrales.

b) **Symphyse** : variété d'articulation cartilagineuse (Figure 3.3). Elle est constituée de pièces osseuses recouvertes de cartilage hyalin et réunies par un fibrocartilage. Exemple : articulations de la colonne vertébrale (les corps).

Le Tableau 3.2 énumère les principales articulations cartilagineuses de l'organisme.

Articulations synoviales

Ces articulations, qui présentent une cavité remplie de liquide synovial, sont caractérisées par l'existence constante de surfaces articulaires recouvertes de cartilage, d'une capsule articulaire et de ligaments. Ce sont des articulations mobiles. Selon la configuration des surfaces articulaires en présence, on distingue six types d'articulations.

a) Sphéroïde

b) En selle

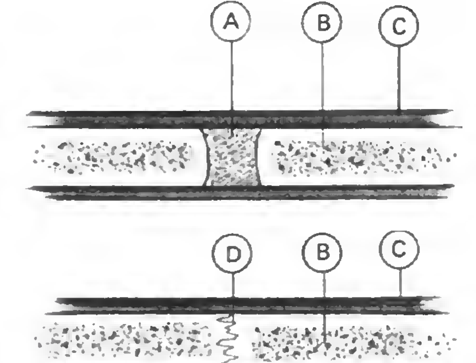
c) Ellipsoïde

d) Ginglyme

e) Trochoïde

f) Plane

FIGURE 3.1 **Sutures chez l'enfant (en haut) et chez l'adulte (en bas)**



A. Tissu conjonctif dense; B. Os; C. Périoste; D. Suture.

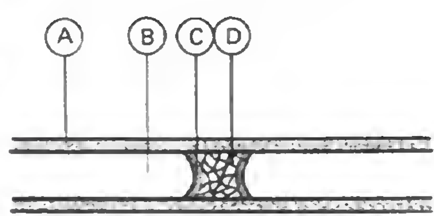


FIGURE 3.2 **Synchondrose**

A. Périoste; B. Os; C. Cartilage hyalin.



FIGURE 3.3 **Symphyse**



A. Périoste; B. Os; C. Cartilage hyalin; D. Fibrocartilage.

TABLEAU 3.1 **Principales articulations fibreuses de l'organisme**

Articulation	Type
Tibiofibulaire distale	Fibreuse (syndesmose)
Suture sagittale	Fibreuse (suture)
Alvéolodentaire	Fibreuse (gomphose)
Vomérosphénoïdale	Fibreuse (schyndilèse)

TABLEAU 3.2 **Principales articulations cartilagineuses de l'organisme**

Articulation	Type
Corps vertébraux	Cartilagineuse (symphyse)
Lombosacrale	Cartilagineuse (synchondrose)
Sacrococcygienne	Cartilagineuse (synchondrose)
Symphyse pubienne	Cartilagineuse (symphyse)
Synchondroses intersternébrales	Cartilagineuse (synchondrose)

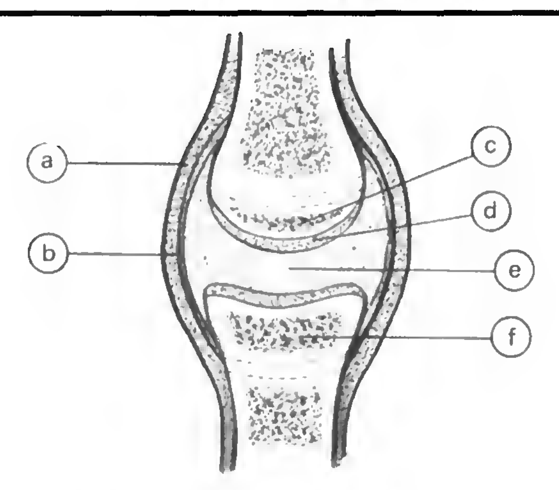
Toutes les articulations synoviales se composent de six éléments constants et parfois d'éléments non constants. Les éléments constants (Figure 3.4) sont ceux que l'on rencontre dans chacun de ces types d'articulations; les éléments non constants ne se trouvent que dans certaines articulations.

a) Éléments constants

1° Surfaces articulaires : portions osseuses qui participent à la formation d'une articulation et qui sont très souvent encroûtées de cartilage. Les surfaces articulaires sont des saillies ou des cavités de formes variables.

2° Cartilage articulaire : mince couche de cartilage hyalin qui recouvre les surfaces articulaires lisses des os. Ce cartilage est non vascularisé et se nourrit de la synovie par imbibition. Sa surface externe est lisse et brillante. L'épaisseur de la couche cartilagineuse varie : en moyenne de 2 à 5 mm. Selon Pépin (1981), le cartilage articulaire diffère du cartilage hyalin par l'absence de périchondre et par l'arrangement caractéristique de ses fibres collagènes. Dans la couche superficielle de cartilage articulaire, les fibres collagènes sont arrangées tangentiellement à la surface et forment une couche protectrice. Dans la couche profonde, les fibres collagènes forment des arcades ancrées dans le tissu osseux compact sous-jacent. Ce coussinet cartilagineux est à son épaisseur maximale là où les pressions sont les plus élevées, c'est-à-dire généralement au centre des surfaces articulaires. On a calculé que des pressions de l'ordre de 350 kg/cm^2 pouvaient se produire au niveau du genou.

FIGURE 3.4 **Articulation synoviale typique**



a. Membrane fibreuse; b. Membrane synoviale; c. Surface articulaire; d. Cartilage articulaire; e. Cavité articulaire contenant la synovie; f. Surface articulaire.

3° **Cavité articulaire** : espace clos limité par les cartilages articulaires et la membrane synoviale. Elle est remplie de synovie et constitue un espace de glissement et de jeu articulaire.

4° **Capsule articulaire** : manchon membraneux qui enveloppe une articulation. La capsule articulaire peut être rigide ou lâche. Elle est constituée de deux lames : l'une externe (la membrane fibreuse) et l'autre interne (la membrane synoviale).

- Membrane fibreuse : couche périphérique de la capsule articulaire. C'est un manchon fibreux qui est dans le prolongement du périoste. Cette membrane s'écarte d'autant plus du pourtour du cartilage articulaire que l'articulation est mobile. Ses fibres sont orientées de différentes façons, compte tenu des articulations; elles sont ou longitudinales ou circulaires, ou arciformes. Résistante et peu élastique, la membrane fibreuse assure la protection et le maintien de l'articulation. Les ligaments renforcent son efficacité. Richement innervée, elle est l'une des sources de la sensibilité proprioceptive.
- Membrane synoviale : couche interne de la capsule articulaire sécrétant la synovie. Elle tapisse la face interne de la membrane fibreuse et les surfaces osseuses intraarticulaires non recouvertes de cartilage. Elle forme parfois des replis ou des plis synoviaux. C'est une membrane conjonctive mince et transparente, formée de deux couches : une couche interne de tissu conjonctif lâche et une couche externe pourvue de fibres élastiques. Elle est abondamment vascularisée. Sa vascularisation est en rapport étroit avec l'activité de l'articulation concernée : les articulations très sollicitées sont notablement plus riches en vaisseaux que celles qui n'exécutent que peu de mouvements.

5° **Synovie (liquide synovial)** : liquide visqueux qui remplit la cavité d'une articulation, d'une bourse ou d'une gaine tendineuse. C'est un liquide jaune pâle translucide dont la viscosité varie en fonction de la pression et de la vitesse du mouvement. Lorsque l'articulation est au repos, le liquide est visqueux; il devient plus fluide à mesure qu'augmente l'activité de l'articulation. La quantité de liquide synovial varie selon la taille de l'articulation. Elle facilite le glissement des structures en présence et assure leur nutrition par imbibition. Dans des conditions normales, le genou contient de 3 à 4 ml de liquide synovial.

6° **Ligament** : ensemble de fibres conjonctives serrées, résistantes, orientées dans le même sens et riches en fibres de collagène. Le ligament réunit un os à un autre os. Certains ligaments peuvent servir de support à des organes (exemple : ligament suspenseur du cristallin). La structure et la valeur fonctionnelle du ligament dépendent de ses constituants histologiques. On distingue les ligaments

- fibreux ou blancs (quasi inextensibles) : ce sont la plupart des ligaments propres aux articulations. Exemple : ligament coracoclaviculaire.
- élastiques ou jaunes (extensibles). Exemple, le ligament jaune (au niveau des vertèbres).

b) Éléments non constants

Parmi ces éléments, figurent le disque articulaire, le labrum et le ménisque articulaire.

1° Disque articulaire : formation fibrocartilagineuse sise à l'intérieur d'une articulation synoviale. Le disque articulaire est généralement plein (Figure 3.5). Il s'interpose entre deux surfaces articulaires discordantes et permet une meilleure adaptabilité. Exemple : disque articulaire de l'articulation temporo-mandibulaire (mâchoire).

2° Labrum (bourrelet articulaire) : formation fibrocartilagineuse annulaire qui se fixe sur le pourtour d'une surface articulaire dont elle augmente la surface et la profondeur (Figure 3.6). Elle présente une seule face lisse, libre et articulaire. Exemple : le labrum glénoïdal ou bourrelet glénoïdal (épaule).

3° Ménisque articulaire : formation fibrocartilagineuse (Figure 3.7). Interposé entre des surfaces articulaires discordantes, le ménisque articulaire assure leur adaptabilité pendant les mouvements de l'articulation. En forme de croissant triangulaire, il adhère par son pourtour à la capsule articulaire. Ses extrémités antérieure et postérieure sont rattachées aux os par des cornes méniscales. Le bord interne du ménisque est toujours beaucoup plus mince que son bord externe. Le ménisque, contrairement au labrum, présente deux faces.

Ligament

Selon Green et Silver (1986), il y a environ 250 ligaments dans le corps humain. La nomenclature peut se faire selon

a) la fonction (3 %) : par exemple, le ligament suspenseur de l'aisselle, le ligament suspenseur de l'ovaire ;

b) la forme (20 %) : par exemple, le ligament carré, le ligament conoïde ;

c) les insertions (55 %) : par exemple, le ligament acromioclaviculaire, le ligament costotransversaire ;

d) la topographie (20 %) : par exemple, le ligament de la tête fémorale, le ligament inguinal.

La désignation par la fonction est des plus fréquentes pour les muscles et des plus rares pour les ligaments. La désignation par l'insertion est des plus fréquentes pour les ligaments et comparativement rare pour les muscles.

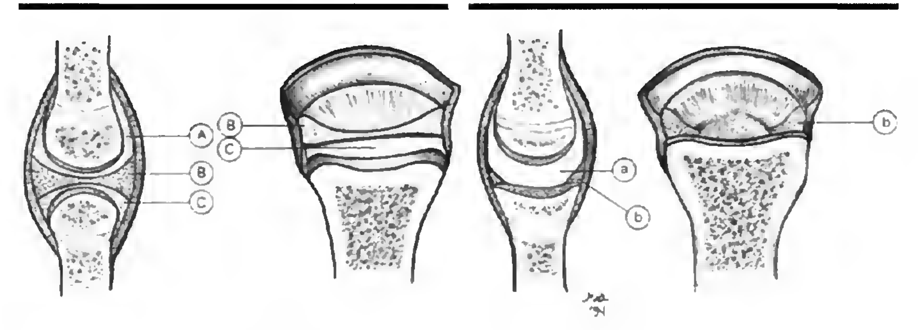
On peut parler, en fonction de leur situation, de ligaments

a) intracapsulaires (internes ou intrinsèques) : par exemple, le ligament de la tête fémorale (articulation de la hanche).

b) extracapsulaires (externes ou extrinsèques) : par exemple, le ligament acromioclaviculaire (articulation acromioclaviculaire).

FIGURE 3.5 Coupe longitudinale (à gauche) et vue supérieure de la moitié d'un disque articulaire (à droite)

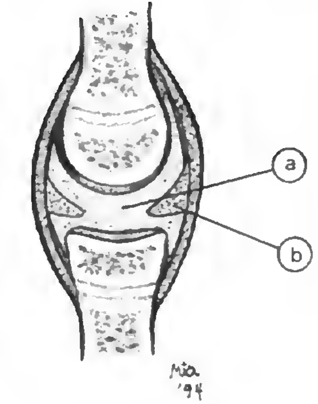
FIGURE 3.6 Coupe longitudinale (à gauche) et vue supérieure de la moitié du labrum (à droite)



A. Première cavité articulaire; B. Disque articulaire; C. Deuxième cavité articulaire.

a. Cavité articulaire; b. Labrum.

FIGURE 3.7 Coupe longitudinale d'un ménisque articulaire



a. Cavité articulaire; b. Ménisque.

Types de mouvements

Les mouvements fondamentaux relèvent de trois grandes catégories : flexion-extension, abduction-adduction et rotation (Pépin, 1981; Thompson, 1993).

L'articulation synoviale est très mobile et peut accomplir un ou plusieurs de ces mouvements (flexion-extension, abduction-adduction et rotation).

a) Flexion : action qui détermine le rapprochement de deux segments, généralement sur leurs faces antérieures, et diminuent l'angle qu'ils forment au niveau de l'articulation en cause (Figure 3.8).

b) Extension : action qui détermine l'éloignement de deux segments et augmente l'angle qu'ils forment au niveau de l'articulation concernée (Figure 3.8).

Flexion et extension sont deux mouvements opposés qui se déroulent autour d'un même axe et se produisent dans un même plan.

Exemple : articulation coxofémorale. Pour ces mouvements en position anatomique
axe : transversal
plan : sagittal.

c) Abduction : action qui détermine l'éloignement d'une extrémité d'un segment du corps par rapport au plan sagittal médian (Figure 3.9).

d) Adduction : action qui détermine le rapprochement d'une extrémité d'un segment du corps, sur le plan sagittal médian (Figure 3.9).

Ces deux mouvements (abduction et adduction) s'opposent et se déroulent autour d'un même axe et se produisent dans un même plan.

Exemple : articulation coxofémorale. Pour ces deux mouvements en position anatomique
axe : sagittal
plan : frontal.

FIGURE 3.8 Mouvements fondamentaux de flexion et d'extension

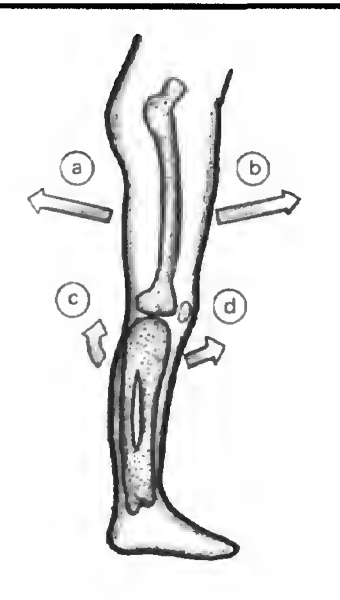
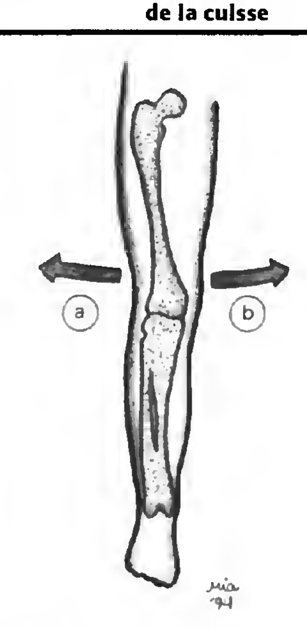
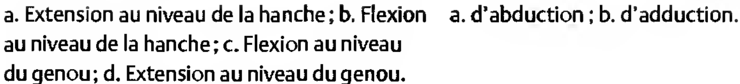


FIGURE 3.9 Mouvements fondamentaux de la cuisse





a. Extension au niveau de la hanche ; b. Flexion au niveau de la hanche ; c. Flexion au niveau du genou ; d. Extension au niveau du genou.

a. d'abduction ; b. d'adduction.

e) Rotation : action qui détermine le mouvement giratoire d'un segment autour de son axe longitudinal. Ce mouvement de rotation se déroule autour d'un axe spécifique et se produit dans un plan parallèle au sol.

   Exemple : articulation scapulohumérale. Pour ce mouvement en position anatomique
   axe : vertical
   plan : horizontal.

On distingue :

1. la rotation interne ou médiale : l'axe de l'os se rapproche du corps, comme c'est le cas de l'humérus qui se tourne vers l'intérieur;
2. la rotation externe ou latérale : l'axe de l'os s'écartant du corps, comme c'est le cas de l'humérus qui se tourne vers l'extérieur.

Types d'articulations synoviales

Toute articulation lubrifiée par la synovie que sécrète la membrane synoviale tapissant la face interne de la capsule articulaire est une articulation synoviale.

La forme des surfaces articulaires et la disposition des attaches de la capsule et des ligaments conditionnent les possibilités et l'amplitude du mouvement d'une articulation de ce type. Ainsi, on distingue six types d'articulations synoviales.

a) **Sphéroïde** (cotyloïde) : deux surfaces osseuses en forme de segment de sphère dont l'un des segments est plein, l'autre creux (Figure 3.10). Ce sont des articulations multiaxiales dotées de trois degrés de liberté. Exemple : articulation coxofémorale. Cette articulation permet tous les mouvements fondamentaux : flexion-extension, abduction-adduction, rotation.

b) **En selle** : surfaces articulaires, dont l'une est convexe dans un sens, l'autre concave dans l'autre sens, comme une selle d'équitation (Figure 3.11). La concavité de l'une des surfaces osseuses doit correspondre parfaitement à la convexité de l'autre. Exemple : articulation carpométacarpienne du pouce. L'articulation à deux degrés de liberté permet des mouvements de flexion-extension et d'abduction-adduction.

c) **Ellipsoïde** (condylaire) : deux surfaces articulaires ovalaires, dont l'une est concave et l'autre convexe (Figure 3.12). Ces articulations biaxiales, à deux degrés de liberté, permettent des mouvements de flexion-extension et d'abduction-adduction. Chez certaines articulations, les mouvements d'abduction et d'adduction sont remplacés par des flexions latérales. Exemple : articulation radiocarpienne. Une articulation bicondylaire est une articulation dont l'une des surfaces osseuses est munie de deux condyles. Exemple : articulation fémorotibiale.

FIGURE 3.10 **Articulation sphéroïde (à gauche) et articulation coxofémorale (à droite)**

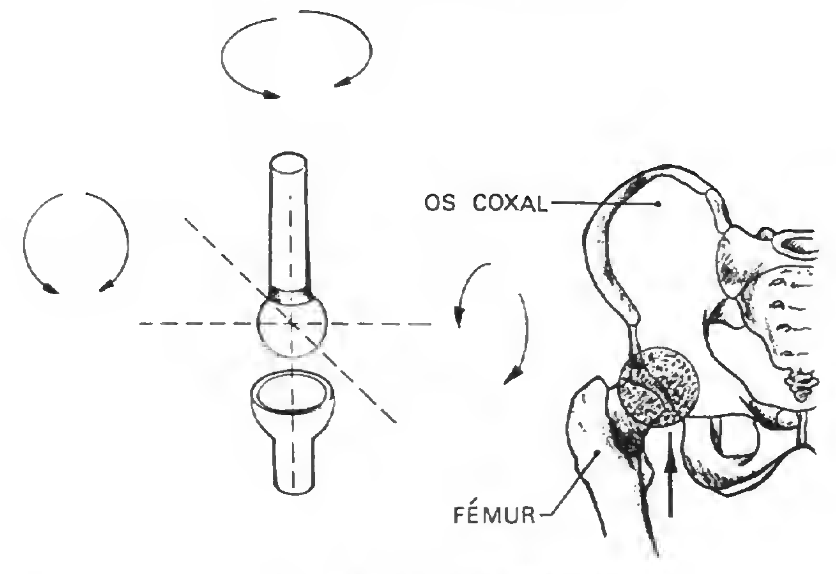


FIGURE 3.11 **Articulation en selle (à gauche) et articulation carpométacarpienne du pouce (à droite)**

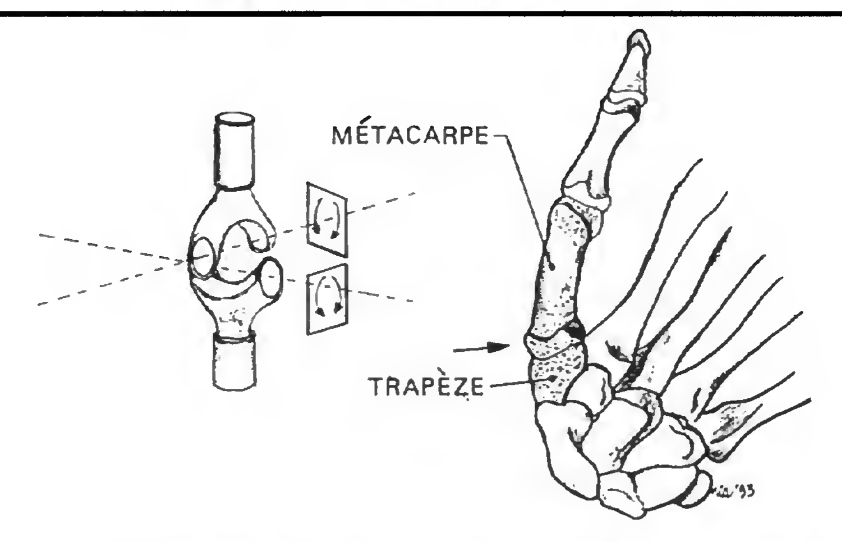
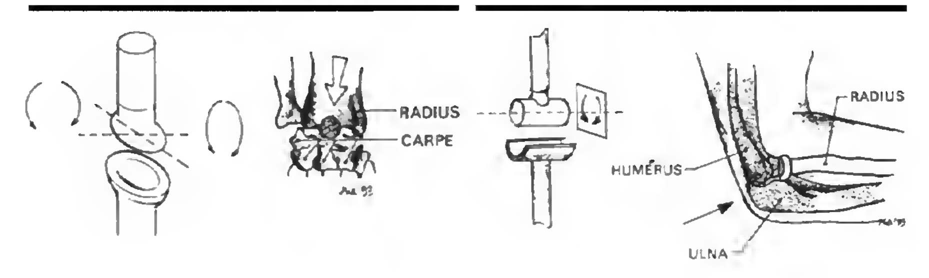


FIGURE 3.12 **Articulation ellipsoïde (à gauche) et articulation radiocarpienne (à droite)**

FIGURE 3.13 **Articulation ginglyme (à gauche) et articulation huméro-ulnaire (à droite)**



d) **Ginglyme** (**articulation trochléenne**) : articulation qui agit comme une charnière autour d'un axe transversal (Figure 3.13). Elle met en présence deux surfaces articulaires en forme de poulie : l'une pleine, l'autre creuse. Articulation à un degré de liberté, elle permet seulement des mouvements de flexion et d'extension. Exemple : articulation huméro-ulnaire.

e) **Trochoïde** : deux surfaces articulaires, ostéofibreuses, dont l'une a la forme d'un cylindre, l'autre celle d'un anneau (Figure 3.14). Articulation à un degré de liberté qui permet uniquement les mouvements de rotation autour d'un axe longitudinal. Exemple : articulation atlantoaxoïdienne médiane.

f) **Plane** : surfaces articulaires planes ou légèrement courbées. Cette articulation non axiale (pas d'axe de mouvement privilégié) est le siège de glissements de faible amplitude dans toutes les directions. Exemple : articulations intercarpiennes (Figure 3.15).

Le Tableau 3.3 énumère les principales articulations synoviales de l'organisme. Voir l'index des articulations, à la fin de l'ouvrage.

Mouvements spécifiques à certaines régions

On a vu dans les pages précédentes qu'il existe trois catégories de mouvements fondamentaux. Il faut cependant apporter en ce sens des précisions en relation avec certaines articulations du corps humain (Marieb, 1999 ; Thompson, 1993). À cette fin, il est d'abord nécessaire de définir les termes qui suivent.

a) Élévation et abaissement : l'abaissement est le mouvement vers le bas de la scapula ou de la mandibule (Figure 3.16). L'élévation est le mouvement vers le haut de la scapula ou de la mandibule (Figure 3.16).

FIGURE 3.14 **Articulation trochoïde (à gauche) et articulation atlantoaxoïdienne médiane (à droite)**

FIGURE 3.15 **Articulation plane (à gauche) et articulations intercarpiennes (à droite)**

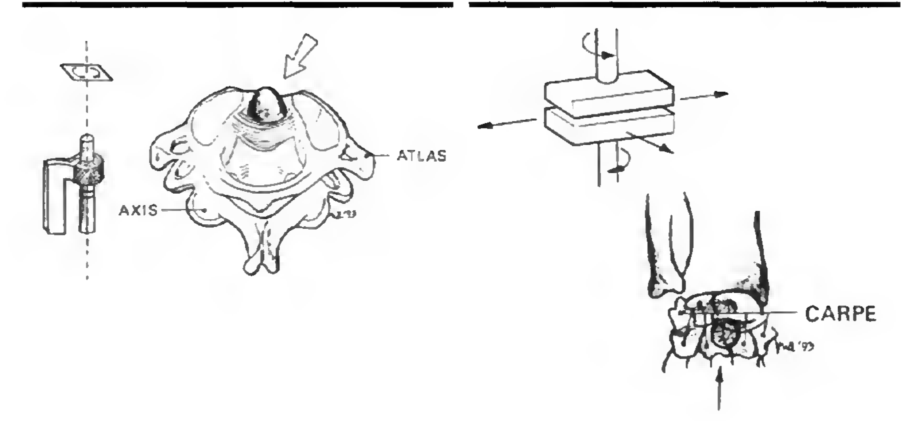


TABLEAU 3.3 **Principales articulations synoviales de l'organisme**

Articulation (s)	Type
Scapulohumérale	Sphéroïde
Métacarpophalangiennes	Sphéroïde
Coxofémorale	Sphéroïde
Métatarsophalangiennes	Sphéroïde
Incudostapédienne	Sphéroïde
Talocalcanéonaviculaire	Sphéroïde
Sternoclaviculaire	Selle
Carpométacarpienne du pouce	Selle
Sacro-iliaque chez l'homme	Selle
Calcanéocuboïdienne	Selle
Incudomalléaire	Selle
Huméroradiale	Ellipsoïde
Radiocarpienne	Ellipsoïde
De l'os pisiforme	Ellipsoïde
Atlanto-occipitale	Ellipsoïde
Sacro-iliaque chez la femme	Ellipsoïde
Médiocarpienne	Bicondylaire
Fémorotibiale	Bicondylaire
Huméro-ulnaire	Ginglyme
Interphalangiennes de la main	Ginglyme
Fémoropatellaire	Ginglyme
Talocrurale	Ginglyme
Interphalangiennes du pied	Ginglyme
Radio-ulnaire distale	Trochoïde
Radio-ulnaire proximale	Trochoïde
Atlantoaxoïdienne médiane	Trochoïde
Des processus articulaires	Trochoïde
Des processus lombaux	Trochoïde
Subtalienne	Trochoïde
Acromioclaviculaire	Plane
Intercarpiennes	Plane
Carpométacarpiennes des 4 derniers métacarpiens	Plane
Atlantoaxoïdienne latérale	Plane
De la tête costale	Plane
Costotransversaire	Plane
Sternocostales	Plane
Interchondrales	Plane
Tibiofibulaire proximale	Plane
Intercunéennes	Plane
Cunéocuboïdienne	Plane
Cunéonaviculaire	Plane
Cuboïdonaviculaire	Plane
Tarsométatarsiennes	Plane
Intermétatarsiennes	Plane

b) Circumduction : lors de la circumduction, l'os décrit un cône, dont la base détermine un cercle à son extrémité distale et dont le sommet est la cavité articulaire. La circumduction combine flexion, extension, abduction et adduction (Figure 3.17). Exemple : circumduction de la tête.

c) Diduction : la diduction est le mouvement latéral de la mandibule.

d) Dorsiflexion et flexion plantaire : la dorsiflexion est le mouvement du dessus du pied vers la jambe (Figure 3.18). Synonymes : flexion dorsale du pied ou flexion du pied. La flexion plantaire est le mouvement de la plante du pied vers le bas (Figure 3.18). Synonyme : extension du pied.

e) Flexion horizontale et extension horizontale : dans la flexion horizontale, le sujet a au départ les deux membres supérieurs en croix, parallèles au sol. Le mouvement consiste à rapprocher les deux membres vers l'avant en les gardant parallèles au sol et à une distance équivalant à un angle de 90°. Synonyme : flexion-abduction horizontale. L'extension horizontale est le mouvement opposé à la flexion horizontale et il consiste à reprendre la position des bras en croix. Synonyme : extension-adduction horizontale.

f) Éversion et inversion : l'éversion est la torsion latérale du pied (Figure 3.19). Elle associe une abduction et une rotation latérale (la plante du pied est tournée vers l'extérieur).

L'inversion est la torsion médiale du pied (Figure 3.19). Elle associe une adduction et une rotation médiale (plante du pied tournée vers l'intérieur).

g) Hyperextension : l'hyperextension est le mouvement d'un segment au-delà de la position normale d'extension (référence : position anatomique).

FIGURE 3.16 **Mouvements d'élévation (a) et d'abaissement (b)**

FIGURE 3.17 **Mouvement de circumduction**

h) Nutation et contre-nutation : la nutation est le mouvement de la base du sacrum (partie supérieure vers l'avant, coccyx vers l'arrière). La contre-nutation est le retour à la position normale.

i) Supination et pronation : la supination est le mouvement rotatoire de l'avant-bras qui amène la paume de la main dans le sens ventral (Figure 3.20). La pronation est le mouvement rotatoire de l'avant-bras qui amène la paume de la main dans le sens dorsal (Figure 3.20).

j) Protraction et rétraction : la protraction est la projection en avant d'une partie de l'organisme (Figure 3.21). Synonyme : antépulsion. Exemple : la projection de la mandibule. La rétraction est le mouvement qui reconduit une partie protractée à sa position normale (Figure 3.21). Synonyme : rétropulsion.

Lésions articulaires

1. Rhumatismes

Définition : le mot rhumatisme renvoie à des maladies très diverses, toutes douloureuses et très souvent chroniques, qui gênent le bon fonctionnement des articulations. Les rhumatismes se divisent en deux groupes : l'arthrite, qui est une affection inflammatoire, et l'arthrose, qui est une maladie chronique d'origine mécanique.

2. Arthrite

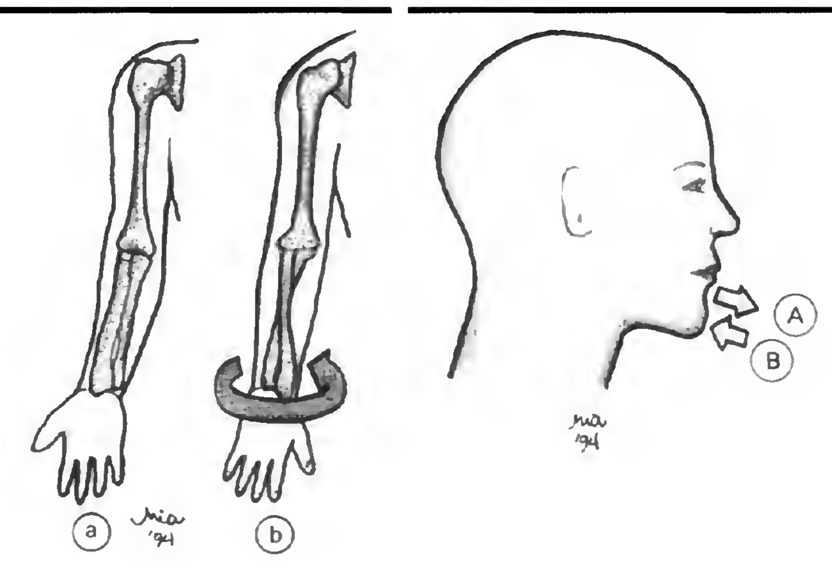
Définition : l'arthrite (ostéoarthrite) est caractérisée par l'inflammation aiguë ou chronique d'une ou de plusieurs articulations. Elle se manifeste par une douleur, un gonflement (épanchement de synovie), une raideur ou une rougeur.

FIGURE 3.18 **Mouvements de dorsiflexion (a) et de flexion plantaire (b)**

FIGURE 3.19 **Mouvements d'éversion (a) et d'inversion (b)**

FIGURE 3.20 **Mouvements de supination (a) et de pronation (b)**

FIGURE 3.21 **Mouvements de protraction (A) et de rétraction (B)**



Il existe environ cinquante types d'arthrite. On estime à 5 % le nombre de Canadiens qui souffrent d'arthrite.

Causes :

- infection (microbes autres que les virus, les blessures ou les maladies) ;
- accumulation de cristaux dans les articulations ;
- inconnue, en certains cas.

3. Polyarthrite rhumatoïde

Définition : cette maladie inflammatoire touche essentiellement les articulations des extrémités, à savoir les doigts, les poignets, les orteils et les chevilles. L'inflammation est douloureuse et provoque, à la longue, une déformation caractéristique des articulations. Elle touche 1 % de la population ; trois malades sur quatre sont des femmes. Elle débute à l'âge adulte, entre 40 et 60 ans. La cause de ce mal est inconnue. Cependant, on est porté à croire qu'il y a agression de l'organisme par son propre système immunitaire (maladie auto-immune).

4. Spondylarthrite ankylosante

Définition : cette maladie rhumatismale inflammatoire est une affection chronique rare, plus fréquente chez les hommes que chez les femmes. Elle touche principalement les articulations du bassin (sacro-iliaques) et de la colonne vertébrale.

La cause précise de la maladie est inconnue, mais on signale une prédisposition familiale dans 10 % des cas. Elle touche 0,1 % de la population et se manifeste généralement entre 15 et 30 ans.

5. Goutte

Définition : la goutte est une maladie métabolique liée à un taux excessif d'acide urique dans le sang (plus de 80 milligrammes par litre). Elle se traduit par des accès de douleurs articulaires très vives. Elle atteint le plus souvent l'homme d'âge mur, généralement au pied, à la base du gros orteil notamment.

Causes :
- certaines maladies (insuffisance rénale, maladies du sang, en particulier les leucémies) ;
- la prise de médicaments (diurétiques) ;
- un dérèglement métabolique d'ordre génétique qui engendre une trop grande production d'acide urique ;
- l'obésité et les excès alimentaires qui augmentent le taux d'acide urique (causes fréquentes).

6. Chondrocalcinose articulaire

Définition : maladie rhumatismale caractérisée par l'incrustation de cristaux de pyrophosphate de calcium dans le cartilage articulaire et dans les ménisques.

7. Arthrose

Définition : l'arthrose classique est une maladie des articulations qui se traduit par une détérioration du cartilage et une prolifération du tissu osseux, ce qui donne aux articulations un aspect noueux caractéristique. Dans la grande majorité des cas, l'arthrose survient vers 60 ans, trois fois plus fréquemment chez la femme (80 % des cas au niveau des mains) que chez l'homme.

Causes :
- perte de souplesse, d'élasticité et de glissement du cartilage qui recouvre les surfaces osseuses des articulations ;
- traumatisme ayant abîmé le cartilage ;
- trop grande sollicitation des articulations, (soumises à des gestes répétés et à des efforts trop intenses dans le cadre d'une activité professionnelle ou sportive) ;
- charges trop lourdes au travail ;
- lésions osseuses de voisinage (ostéophytes) ;
- épaississement de la synovie.

Médecine sportive : l'arthrose du sportif se distingue de l'arthrose classique par :
- sa précocité (25 ou 30 ans) (exemple : la pratique du judo) ;
- son origine traumatique liée à la pratique d'un sport (blessures au jeu ou à l'entraînement) ;

- des localisations souvent associées au sport pratiqué (exemples : l'épaule pour l'haltérophile ; le poignet pour le boxeur et le gymnaste ; le pied pour le joueur de soccer, etc.

8. Coxarthrose

Définition : la coxarthrose est le nom médical de l'arthrose de la hanche. Elle se manifeste par des lésions du cartilage, provoque des douleurs et une importante gêne à la marche. Affection fréquente qui touche surtout les femmes et les personnes âgées de plus de 50 ans.

9. Luxation

Définition : la luxation résulte du déplacement violent des deux extrémités osseuses d'une articulation, avec perte de contact des surfaces articulaires ou glissement d'un os hors de sa cavité articulaire. Souvent douloureuse, elle s'accompagne parfois de la déchirure des ligaments et de la fracture de l'un des deux os en cause. Elle peut provoquer des lésions des nerfs et des vaisseaux sanguins.

Causes :
- traumatiques (choc violent ou mouvement forcé) ;
- malformations congénitales (par exemple : la hanche, cause héréditaire à déterminer) ;
- spontanées ou pathologiques (maladies des tissus articulaires).

Types :

a. **luxation complète ou totale**. Le déplacement des deux extrémités osseuses entraîne une perte totale de contact. Exemple : l'épaule.

b. **luxation partielle ou subluxation**. Les deux os restent en contact sur une petite surface, malgré le déplacement. Exemple : la hanche.

c. **luxation récidivante**. Une luxation peut réapparaître à l'occasion de traumatismes. Exemple : l'épaule dans le domaine sportif.

10. Entorse

Définition : l'entorse se définit comme un étirement ou une déchirure des ligaments reliant les extrémités osseuses d'une articulation, que provoque une forte torsion. On en guérit difficilement. Dans 90 % des cas, elle touche la cheville.

Causes :

- mouvement brutal de l'articulation, lui faisant dépasser son amplitude normale ;
- pratique de certains sports (ex. : tennis, ski alpin, soccer, etc.) ;
- fatigue ;
- surentraînement ;
- terrain accidenté ;
- chaussure inadaptée.

Types :

a. entorse bénigne ou banale (foulure). Les ligaments sont simplement distendus.
b. entorse sérieuse. Rupture partielle du ligament.
c. entorse grave. Rupture totale du ligament. Il y a déchirure ou arrachement des ligaments.

Vieillissement articulaire

Les articulations sont très fonctionnelles jusqu'à l'âge de 50 ans. L'usure se fait sentir à partir de cet âge. Une raideur du système articulaire apparaît, d'où une perte d'amplitude dans les mouvements.

Cependant, les problèmes articulaires commencent bien avant l'âge de la sagesse.

a) De tous les systèmes ostéo-articulaires du corps, le rachis est celui qui dégénère le plus rapidement. Dès l'âge de 18 à 20 ans se manifestent des signes histologiques de dégénérescence. Les premiers signes de vieillissement apparaissent au niveau des disques. Assez rapidement, les caractéristiques physio-chimiques du nucleus pulposus, au centre du disque, se modifient. Le joint hydraulique devient un joint fibreux dont les qualités mécaniques sont différentes. Il n'est pas impossible que des processus d'auto-immunisation précipitent avec l'âge la dégénérescence discale. Des modifications physio-chimiques identiques se produisent dans les articulations interapophysaires et dans les ligaments.

b) On constate, avec le vieillissement, une détérioration du cartilage (il tend à se calcifier) qui perd de sa souplesse, se fissure et régresse là où ses surfaces sont fortement encroûtées. Il en résulte le sérieux problème de l'arthrose chez les personnes plus âgées (voir les Lésions articulaires).

c) On observe, avec l'âge, une diminution de la souplesse au niveau de la capsule articulaire et des ligaments. De plus, les tendons musculaires et les structures osseuses s'affaiblissent. Ainsi, la fréquence des fractures a tendance à augmenter.

d) Au-delà de 50 ans, surtout chez la femme ménopausée, les vertèbres deviennent ostéoporotiques. La diminution de la densité osseuse touche l'os compact ou l'os spongieux et la trame osseuse s'amincit. De plus, les corps vertébraux sont fragilisés.

La pratique d'une activité physique retarde les effets du vieillissement sur les articulations. L'activité physique peut augmenter la flexibilité, assurer une meilleure nutrition des cartilages et renforcer les muscles. Cependant, il faut qu'on s'y adonne correctement. Pratiquée trop intensément, elle peut engendrer l'usure des articulations. Il faut bien choisir ses activités et éviter les sports violents ou les exercices qui entretiennent des pressions constantes sur les articulations. Les activités aquatiques et la bicyclette sont recommandées aux personnes âgées.

Le saviez-vous ?

1. Une syssarcose (espace de glissement) est une articulation mobile qui unit un os et un muscle ou deux muscles entre eux. Il s'agit d'une fausse articulation. Exemple : les syssarcoses scapulothoraciques.
2. La synostose est la suture anormale, congénitale ou acquise, de deux os habituellement indépendants.
3. L'arthrocentèse est la ponction d'une articulation à des fins diagnostiques ou thérapeutiques.
4. L'arthrodèse est le résultat d'une opération chirurgicale qui consiste à bloquer définitivement une articulation pour la rendre indolore et stable.
5. Les prothèses sont des appareils, en métal ou en plastique, qui ont pour fonction de remplacer une partie du corps, absente ou détruite. On distingue deux types de prothèses : on appelle prothèses externes celles qui remplacent un membre et prothèses internes celles qui remplacent une articulation.
6. Certaines prothèses sont utilisées seulement pour des raisons esthétiques (exemple : prothèse mammaire).
7. La rhumatologie est la discipline qui se consacre à l'étude des maladies des os et des articulations.
8. La synovite est une inflammation de la membrane synoviale qui tapisse l'intérieur de la capsule des articulations mobiles.

Page laissée blanche

CHAPITRE 4

Généralités sur les muscles

Introduction

Le tissu musculaire constitue l'un des quatre tissus de base du corps humain (les autres sont les tissus épithéliaux, conjonctifs et nerveux). Même si les os et les articulations servent de leviers et forment la charpente du corps, ils ne peuvent, à eux seuls, produire le mouvement.

Le muscle (du mot latin *mus* qui signifie « petite souris ») est un organe charnu caractérisé par la faculté de se contracter sous l'influence du système nerveux. C'est un organe dynamique dont la fonction est de tirer. En tirant, il fait mouvoir les parties du corps. Tous les muscles sont constitués de cellules allongées et nucléées, d'un cytoplasme et de myofibrilles disposées parallèlement au grand axe de la cellule.

Il existe plus de 600 muscles striés volontaires dans le corps humain. On dénombre environ 200 muscles pour les membres, 170 pour la tête et le cou, 200 pour le tronc et 50 pour les appareils et les organes. La plupart sont pairs et symétriques (par exemple : muscle grand pectoral) mais il en est d'impairs (par exemple : les muscles sphinctériens). Les muscles représentent 42 % du poids du corps de l'homme et 36 % de celui de la femme. Voir l'Index des muscles à la fin de l'ouvrage.

Les muscles monoarticulaires sont des muscles qui croisent une seule articulation entre leurs points d'attaches; les muscles polyarticulaires en croisent plus d'une.

Fonctions des muscles

Les muscles du corps humain s'acquittent de plusieurs fonctions essentielles (Marieb, 1999 ; Pépin, 1981 ; Tortora et Grabowski, 1984).

1. Éléments actifs du mouvement

Il y a trois types de muscles dans l'organisme : les muscles squelettiques, les muscles lisses et le muscle cardiaque. Chacun de ces muscles accomplit une tâche spécifique et, pour s'en acquitter correctement, il doit principalement se contracter. La contraction musculaire exige de l'énergie que fournit l'adénosine-triphosphate (ATP). Cette énergie chimique est transformée en énergie mécanique et les muscles sont ainsi en mesure d'accomplir un travail adapté à leurs caractéristiques spécifiques. La musculature squelettique est donc responsable d'activités comme la

marche et la manipulation d'objets dans l'environnement externe. La fonction du muscle squelettique est de tirer. En diminuant de longueur grâce à des protéines d'actine et de myosine (théorie du glissement), le muscle permet toute une série de mouvements allant des mouvements grossiers des lutteurs aux mouvements délicats des chirurgiens. Il peut s'adapter facilement. Cependant, le fait de vaincre une résistance n'entraîne pas nécessairement le mouvement. Les muscles peuvent remplir le même rôle que les piliers d'un immeuble. Par exemple, si le maintien du garde-à-vous n'engage pas de mouvement, il engage néanmoins un effort musculaire. Le tissu musculaire lisse sert généralement à faire circuler des substances dans l'organe par l'alternance de contractions et de relâchements; il actionne toute une série d'organes internes, comme ceux de la circulation, de la respiration, de la digestion, etc. Finalement, les contractions du tissu musculaire cardiaque propulsent le sang dans les vaisseaux sanguins pour irriguer toutes les parties du corps.

2. Maintien de la posture

La *tonicité* des muscles assure le maintien de la posture. Les muscles sont constamment tenus dans un état de contraction modérée grâce aux impulsions nerveuses qui émanent de la moelle épinière. Cet état de contraction, appelé tonus musculaire, a notamment pour fonctions de lutter contre la pesanteur et de maintenir la station debout ou assise, sans intervention permanente de la volonté. Si le tonus n'engendre pas le mouvement, il prépare la voie au mouvement et permet de l'exécuter plus rapidement et plus uniment. Les phases de sommeil profond sont les seuls moments où le tonus musculaire est complètement relâché. L'importance des muscles de la posture apparaît évidente lorsque le tonus musculaire cesse d'agir (perte de conscience ou sommeil); à ce moment-là, le corps s'affaisse (on ne peut dormir debout). Les muscles qui concourent au maintien de la station debout sont des muscles fixateurs (exemple : les muscles du tronc).

3. Production de chaleur

Le travail musculaire nécessite de l'énergie que fournissent les réserves du muscle (glycogène) et l'apport sanguin sous forme de nutriments (glucide : glucose). L'énergie acheminée n'est pas intégralement utilisée par la contraction, elle produit également de la chaleur (25 % de l'énergie dépensée apparaît sous forme de travail et 75 % sous forme de chaleur). La chaleur ainsi libérée joue un rôle important. Elle est nécessaire parce qu'elle permet de maintenir le corps humain à une température adéquate pour gérer ses réactions biochimiques.

4. Stabilité des articulations synoviales

Lors de la contraction pour provoquer le mouvement, les muscles exercent des tractions sur les os qui permettent à l'articulation de rester plus stable. Les muscles squelettiques contribuent ainsi à renforcer les articulations synoviales qui, dans certains cas, sont instables à cause de surfaces articulaires discordantes, d'une

capsule articulaire lâche ou de ligaments en nombre insuffisant. En voici deux exemples.

a) **Articulation de l'épaule** : la stabilité y est sacrifiée à la mobilité, assurée par les tendons des muscles qui constituent la coiffe des rotateurs et encerclent l'articulation.

b) **Articulation de la hanche** : les tendons musculaires qui entourent l'articulation contribuent à sa stabilité. Cependant, les ligaments et les surfaces articulaires jouent un rôle plus important encore pour la stabilité de cette articulation.

Propriétés du tissu musculaire

Le tissu musculaire possède quatre propriétés essentielles qui lui permettent de s'acquitter de ses fonctions (Seguy, 1984) :

1. Contractilité

Le tissu musculaire est un tissu dont la propriété fondamentale est la contractilité. Ce caractère lui confère un rôle essentiellement moteur : il s'agit de la capacité de contraction d'un muscle en réponse à une stimulation.

2. Extensibilité

Quand les fibres se contractent, elles raccourcissent ; à l'inverse, quand elles se relâchent, elles ont la faculté de s'étirer au-delà des limites de repos. Le muscle est extensible. Si, par exemple, on suspend un poids à l'une des extrémités d'un muscle quelconque de l'organisme, alors que son autre extrémité est fixe, le muscle se laisse distendre. Même un poids très faible révélera cette extensibilité (étirement).

3. Élasticité

Le muscle est élastique, c'est-à-dire qu'il reprend exactement sa longueur primitive si l'on annule la traction qu'il subit (en enlevant le poids qu'on y avait suspendu). L'élasticité musculaire est constamment à l'œuvre dans l'organisme, car un muscle au repos est toujours un peu étiré entre ses insertions sur les os. En effet, si on coupe l'un des tendons du muscle, le libérant ainsi d'une de ses insertions osseuses, et cela après avoir sectionné le nerf moteur pour supprimer le tonus musculaire, le muscle raccourcit de 10 à 20 %. Le muscle possède donc une certaine tension élastique qui est la caractéristique opposée à l'extensibilité.

4. Excitabilité

On désigne sous le nom d'excitabilité la propriété que possède toute cellule vivante de « réagir » par dégagement d'énergie à l'action d'un excitant, c'est-à-dire à une modification du milieu extérieur. On sait que l'excitabilité n'est pas une propriété spécifique aux muscles, c'est une propriété universelle des cellules. Mais, comme cette propriété est spécialement développée dans les tissus musculaire et nerveux, c'est là qu'on l'étudie le plus facilement. La cellule musculaire, excitée par un excitant

quelconque, réagit toujours par une contraction, phénomène complexe dont la manifestation la plus apparente est un mouvement.

Nomenclature des muscles

Plusieurs critères servent à caractériser un muscle (Green et Silver, 1986).

a) Forme géométrique (17 % des muscles) : le nom de certains muscles renvoie à leur aspect extérieur. Exemple : muscle petit rhomboïde.

b) Fonctions (26 % des muscles) : les noms de divers muscles font référence à des mouvements et intègrent des mots comme fléchisseur, extenseur, adducteur, pronateur. Exemple : muscle long adducteur de la cuisse.

c) Topographie (34 % des muscles) : l'appellation de certains muscles aide à les situer. Exemple : muscle intercostaux externes.

d) Insertions (23 % des muscles) : ses points d'attaches servent à désigner le muscle. Exemple : muscle brachioradial.

e) Nombre de ventres (ceps) : le nom de certains muscles est lié à leur division en deux (bicipital), trois ou quatre parties. Exemple : muscle triceps brachial.

f) Rapports de dimension : des indications relatives à la dimension des muscles se trouvent souvent dans leur appellation. Exemple : muscles grand pectoral et petit pectoral.

g) Forme géométrique et topographie : l'aspect extérieur et la localisation de certains muscles servent à les nommer. Exemple : muscle carré des lombes.

h) Direction de leurs fibres : la direction des fibres des muscles est souvent évoquée dans leur appellation. Exemple : muscle transverse de l'abdomen.

Tissu musculaire

Les cellules du tissu musculaire sont hautement spécialisées. Ce qui caractérise ce tissu, c'est sa capacité de contractilité. Il est en effet capable de changer de forme sans changer de volume. On désigne la cellule qui constitue le tissu musculaire sous le nom de « myocyte » (fibre musculaire).

Sur les plans structural et physiologique, on distingue plusieurs variétés de cellules musculaires qui composent les muscles :

a) lisses (involontaire) ;

b) striés squelettiques (volontaires) ;

c) striés cardiaques (involontaires).

Les tissus musculaires lisse et cardiaque représentent environ 3 % du poids du corps.

Développement embryonnaire

Selon Bresse (1968), mais aussi Spence et Mason (1983), les *muscles striés squelettiques* sont issus, comme le squelette, du feuillet mésoblastique. Le mésoblaste para-

axial se compose de trois éléments : les somites et les néphrotomes sont des formations segmentaires ; les lames latérales sont des formations continues. Les somites sont au nombre de 42 à 44 paires : une partie des somites se différencie pour donner le myotome, composé de cellules primitives ou myoblastes ; le reste produit le sclérotome, responsable notamment de la formation du squelette.

Vers le 35e jour, le myotome produit une partie postérieure, ou épimère, à partir de laquelle se forment les muscles extenseurs du rachis et une partie antérieure, ou hypomère, qui donne naissance aux muscles fléchisseurs du rachis et aux muscles de la paroi antérieure du tronc.

Dans la partie crânienne, les myotomes engendrent en plus les muscles moteurs de l'œil (myotomes préotiques à l'avant de la chorde dorsale, c'est-à-dire au niveau de la plaque préchordale).

Le développement des muscles de la langue est sensiblement apparenté à celui des muscles du tronc. Les muscles de la face proviendraient de l'extrémité postérieure mésoblastique des arcs branchiaux.

La musculature striée des membres se fait aux dépens des bourgeons qui apparaissent vers le 40e jour, sur les faces antéro-latérales de l'embryon. Ces bourgeons proviendraient ou de la fusion des somites ou d'une condensation mésenchymateuse indépendante.

Les *muscles lisses* sont le fruit de cellules mésoblastiques issues de la splanchnopleure pour les viscères et de cellules mésenchymateuses libres pour les vaisseaux. Les muscles lisses de l'iris viennent de l'ectoblaste de la cupule optique.

Le *muscle cardiaque* se forme de la même manière que les muscles lisses. Les cellules mésodermiques migrent vers le cœur, alors qu'il a encore la forme d'un tube, et l'entourent.

Tissu musculaire lisse

Les muscles lisses dérivent du tissu conjonctif embryonnaire ou mésenchyme. Vaisseaux sanguins ou viscères (utérus, estomac, vessie), petits muscles arrecteurs du poil ou muscles des yeux sont formés de tissu à contraction involontaire et lente, innervés par le système nerveux végétatif (sympathique, parasympathique) et peu alimentés en sang. Les fibres nerveuses qui les constituent sont dépourvues de myéline. Lisses et allongées, les cellules du tissu musculaire lisse sont activées par de nombreux phénomènes : influx nerveux, stimulation hormonale, modifications mécaniques locales qui surviennent à l'intérieur du muscle lui-même. Par exemple, l'étirement des cellules lisses de la paroi du tube digestif assure les mouvements essentiels qui sont le fondement de la physiologie de la digestion (Poirier, Cohen et Bernaudin ; 1980).

Les cellules musculaires lisses sont fusiformes et très allongées (Figure 4.1). Leur longueur est variable, de l'ordre de 20 à 200 microns, et leur épaisseur centrale est d'environ 5 microns. Voici la liste des principaux constituants de la cellule musculaire lisse.

a) **Noyau** : situé au centre de la cellule. Il est allongé dans le sens de celle-ci et ses extrémités sont arrondies. Il contient un ou deux nucléoles.

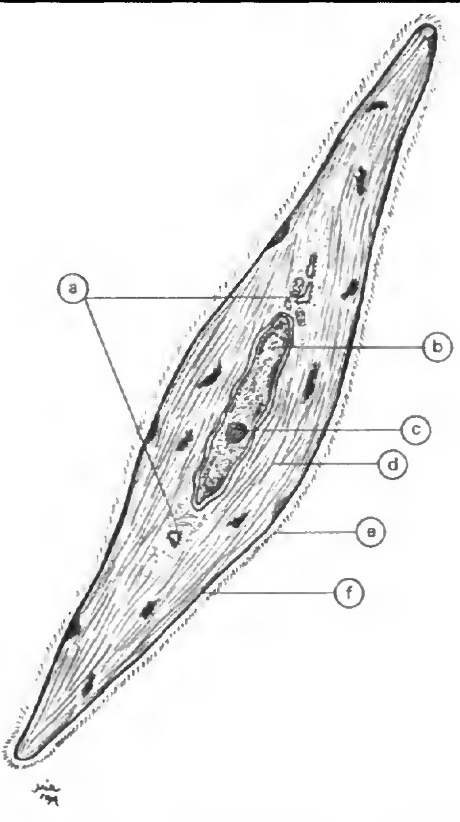
b) **Sarcoplasme** (cytoplasme) : se caractérise par la présence d'un matériel protéique contractile, les myofilaments qui forment les myofibrilles. Il contient aussi les organites usuels de la cellule (appareil de Golgi, mitochondries, glycogène, etc.), groupés dans les deux *cônes sarcoplasmiques* qui sont dépourvus de myofilaments.

c) **Myofibrilles** : filaments logés dans le sarcoplasme de la cellule musculaire. Les myofibrilles sont disposées selon le grand axe de la cellule et leur diamètre varie de 0,5 à 1 micron. Chaque myofibrille est elle-même constituée de myofilaments juxtaposés en faisceaux.

d) Sarcolemme (membrane plasmique) : entoure la cellule.

e) **Lame basale** : forme la limite externe de la cellule et se compose principalement de collagène.

FIGURE 4.1 **Cellule musculaire lisse**



a. Cônes sarcoplasmiques (contenant les organites); b. Noyau; c. Nucléole; d. Myofilaments; e. Lame basale; f. Membrane plasmique (sarcolemme).

Tissu musculaire strié squelettique

En général, le muscle strié squelettique, par opposition au muscle strié cardiaque, se caractérise par une contraction rapide et volontaire. Il répond plus rapidement à la stimulation que le muscle lisse, mais se fatigue plus vite que ce dernier. Le muscle squelettique a besoin d'une grande quantité d'oxygène et de nutriments pour sa conservation.

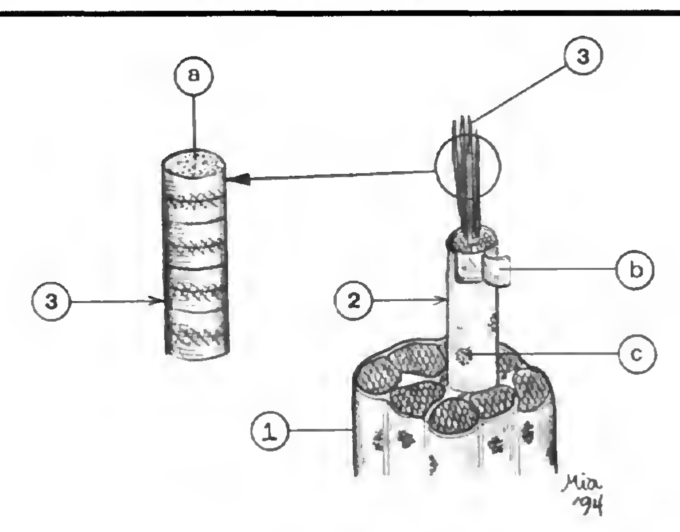
Parmi les fibres striées qui constituent les muscles squelettiques, certaines sont à contraction lente, c'est-à-dire qu'elles permettent des contractions peu intenses mais durables. D'autres, à contraction rapide, assurent des contractions intenses mais peu durables. La proportion de ces deux types de fibres varie selon les individus en fonction de leur patrimoine génétique, mais aussi de leurs efforts musculaires (lors d'un entraînement sportif, par exemple) qui privilégient tel ou tel type de fibres : ainsi, un coureur de fond n'a pas la même musculature qu'un sprinter.

Les muscles qui meuvent le squelette humain se composent de fibres musculaires cylindriques (syncitium cellulaire à noyaux multiples) allongées, aux extrémités effilées, striées tant dans le sens de la longueur que dans le sens transversal (Figure 4.2). Leur diamètre moyen varie entre 10 et 100 microns, alors que leur longueur peut varier de quelques millimètres à plusieurs centimètres (c'est le cas du sartorius qui mesure plus de 40 cm).

Selon Poirier, Cohen et Bernaudin (1980), la cellule striée comprend les éléments qui suivent.

a) Noyaux multiples : de l'ordre de plusieurs centaines par cellule et allongés dans le sens de cette cellule, ils contiennent un ou deux *nucléoles*. Contrairement au

FIGURE 4.2 **Cellule musculaire striée squelettique**



a. Myofilaments; b. Sarcolemme; c. Noyau; 1. Faisceau musculaire; 2. Myocyte; 3. Myofibrille.

noyau unique et central de la cellule musculaire lisse, les noyaux multiples sont périphériques et situés tout contre le sarcolemme.

b) Sarcoplasme : caractérisé par la présence d'un matériel protéique contractile constitutif des myofilaments groupés en myofibrilles.

c) **Myofibrilles** : se présentent comme des cylindres parallèles allongés dans le sens de la cellule, de même longueur qu'elle, mais de diamètre beaucoup plus réduit (environ 1 micron).

d) Sarcomères (cases musculaires) : succession régulière de petits cylindres identiques qui divisent chacune des myofibrilles.

e) Myofilaments : succession de bandes transversales alternées, aux indices de réfraction divers, qui caractérisent les myofibrilles. Les myofilaments épais ne sont présents que dans le *disque A*. Les myofilaments minces occupent le *disque I* et une partie du disque A.

f) Sarcolemme : entoure la cellule ; est revêtu, sur sa face externe, par une lame basale continue au-delà de laquelle se trouvent les fibres collagènes de l'endomysium (enveloppe de la fibre musculaire).

Tissu musculaire strié cardiaque

C'est le type de tissu musculaire qui compose le cœur. Le myocarde, qui forme les parois des cavités cardiaques, est plus épais au niveau des ventricules (en bas) qu'au niveau des oreillettes (en haut). Il est innervé par de très nombreuses fibres sympathiques et parasympathiques. Muscle richement vascularisé, il compte cinq mille cinq cents sections de capillaires par millimètres carré ; le muscle squelettique n'en comporte que deux mille. Le myocarde se compose de faisceaux entrelacés dont les fibres se ramifient et s'anastomosent (communiquent entre elles). La contraction des fibres cardiaques est rapide et de courte durée (environ 72 fois par minute) (Poirier, Cohen et Bernaudin ; 1980).

Les cellules du myocarde sont allongées et elles épousent la forme d'un cylindre qui se dédouble (Figure 4.3). Voici les parties constituantes de cette cellule.

a) Noyau : unique, allongé, il est situé au centre de la cellule.

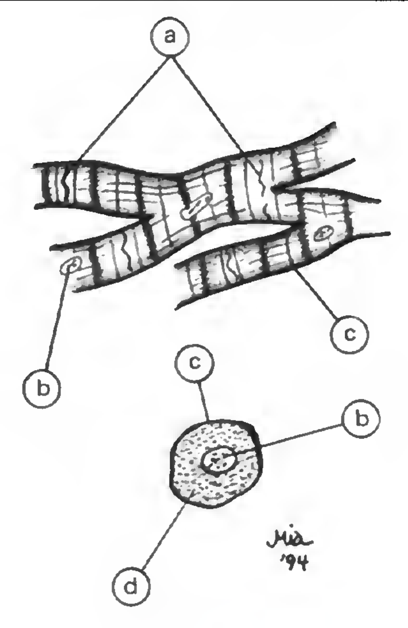
b) **Myofilaments groupés en myofibrilles** : constitués de matériel proétique contractile, ils sont présents dans le sarcoplasme.

c) **Sarcolemme** : revêtu, sur sa face externe, d'une *lame basale* continue, il entoure chaque cellule.

d) **Traits scalariformes** : dispositifs de jonction, ils assurent la cohésion de toutes les cellules du cœur.

Le Tableau 4.1 énumère les caractéristiques principales des trois tissus musculaires.

FIGURE 4.3 **Coupes longitudinale (en haut) et transversale (en bas) de la cellule myocardique**



a. Traits scalariformes ; b. Noyau ; c. Sarcolemme ; d. Myofibrilles.

TABLEAU 4.1 **Caractéristiques principales des trois tissus musculaires**

Caractéristiques	Muscle lisse	Muscle strié squelettique	Muscle strié cardiaque
Origine	Cellules mésenchymateuses	Cellules mésodermiques	Cellules mésodermiques
Cellule			
Forme	Fusiforme	Cylindrique	Cylindre bifurqué
Noyau	Unique (au centre)	Multiples (à la périphérie)	Unique (au centre)
Nucléole	1 ou 2	1 ou 2	1
Longueur	20 à 200 microns	mm à cm	50 à 100 microns
Épaisseur	5 microns	10 à 100 microns	14 microns
Contraction (vitesse de)	Involontaire (très lente)	Volontaire (lente à rapide)	Involontaire (modérée)
Innervation (fibres)	Amyéliniques	Myéliniques	Spéciales
Vascularisation	Pauvre	Riche	Très riche
Système	Autonome	Périphérique	Autonome
Localisation	Vaisseaux sanguins Viscères Petits muscles lisses	Muscles squelettiques	Parois du cœur

Innervation musculaire

D'un point de vue structural, on peut diviser le système nerveux en deux parties : le système nerveux central et le système nerveux périphérique (Bresse, 1968).

Système nerveux central

Le système nerveux central (SNC) se compose de l'encéphale et de la moelle épinière. Le SNC est le centre d'intégration et de régulation de l'ensemble du système nerveux. Il reçoit les messages sensoriels du système nerveux périphérique et élabore les réponses à ces messages.

Système nerveux périphérique

Le système nerveux périphérique (SNP) se compose de nerfs et de ganglions. Les nerfs relient les parties les plus éloignées du corps aux récepteurs du système nerveux central. Les ganglions (groupes de corps cellulaires faits de neurones) sont reliés aux nerfs. Du point de vue fonctionnel, le système nerveux périphérique se divise en une partie afférente (sensitive) et une partie efférente (motrice).

La partie afférente se compose de neurones sensitifs somatiques qui transmettent au SNC les influx nerveux en provenance des récepteurs situés dans la peau, dans les aponévroses et dans le voisinage immédiat des articulations. Elle comprend aussi les neurones sensitifs viscéraux qui transmettent les influx nerveux des viscères au système nerveux central.

La partie efférente se subdivise en un système nerveux somatique (volontaire) et un système nerveux autonome (involontaire). Le système nerveux volontaire se compose de neurones moteurs somatiques qui transmettent les influx nerveux du SNC aux muscles squelettiques pour qu'ils se contractent. Le système involontaire se compose de neurones moteurs viscéraux qui transmettent les influx nerveux aux muscles lisses des viscères, au muscle cardiaque et aux glandes. Du point de vue fonctionnel, le système nerveux autonome se subdivise à son tour en un système sympathique et un système parasympathique.

Un certain nombre de neurones moteurs somatiques des nerfs crâniens (12 paires) contrôle l'activité volontaire des muscles squelettiques du cou et de la tête. L'innervation des muscles du dos, des parois latérales du corps, des membres supérieurs et inférieurs sont l'apanage des nerfs spinaux (31 paires).

Les nerfs spinaux ont leur origine dans la moelle épinière. Ils se dirigent vers les muscles à innerver en passant par les trous intervertébraux. Ces nerfs, disposés tout le long du rachis, portent le nom de la vertèbre située immédiatement au-dessous d'eux. Ainsi le 4e nerf cervical passe par le trou intervertébral situé entre la 3e et 4e vertèbre cervicale. Dès sa sortie du trou intervertébral, chaque nerf spinal se divise en deux branches ou rameaux : une branche postérieure et une branche antérieure. La branche postérieure se divise à l'arrière des vertèbres pour innerver la peau et les muscles du dos. La branche antérieure est plus longue et son trajet varie selon la région du corps qu'elle innerve. Dans la région thoracique, la branche

antérieure chemine dans l'espace intercostal où elle innerve la peau et les muscles des parois latérales du corps. Dans les régions cervicale, lombale et sacrale, les branches antérieures (rameaux ventraux) des nerfs spinaux se rejoignent pour former des plexus (réseaux) qui donnent naissance aux nerfs de la peau et des muscles des membres inférieurs et supérieurs. À chacun des muscles correspond de ce fait une innervation particulière qui a sa source dans un plexus. Le plexus, quant à lui, est le fait d'un nerf spinal. Les principaux plexus nerveux sont les plexus cervical, brachial, lombal et sacral (Tableau 4.2).

Les nerfs périphériques, qui résultent des plexus, portent tous des noms spécifiques. Ainsi, *le nerf radial* issu du plexus brachial, innerve les muscles extenseurs du bras et de l'avant-bras. Ces noms seront portés à l'attention du lecteur au fil des descriptions.

Enveloppes du muscle

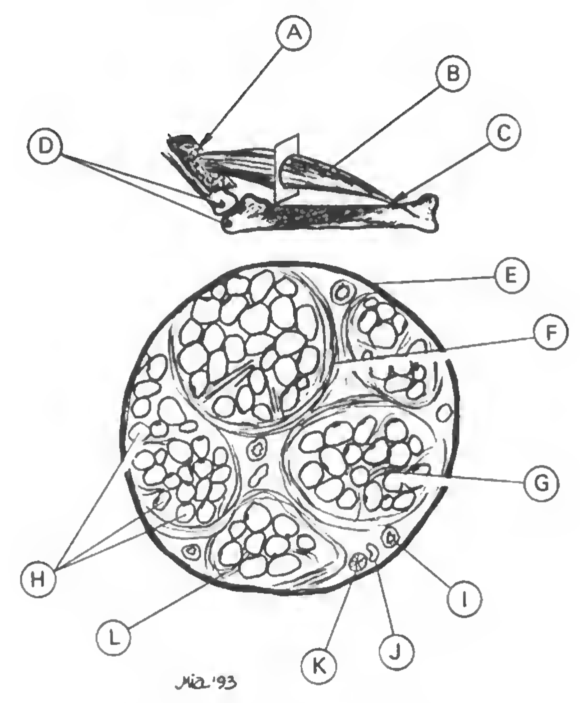
De minces couches de tissu conjonctif maintiennent ensemble les fibres musculaires (Figure 4.4).

L'*endomysium* est une fine membrane conjonctive qui enveloppe une *fibre musculaire*. Ses prolongements se transforment pour former les tendons. Le *périmysium* est une cloison conjonctive qui sépare les *faisceaux* (assemblage de fibres musculaires). L'*épimysium* est une couche fibreuse qui enveloppe la totalité des faisceaux musculaires d'un muscle squelettique. Un fascia profond (formation fibreuse) enveloppe de l'extérieur le muscle squelettique. On dénombre environ soixante fascias dans le corps humain. Il y a des fascias superficiels et des fascias profonds. Le fascia superficiel (hypoderme) se trouve directement sous la peau (exemple : fascia superficiel du thorax). Le fascia profond assure la cohésion des muscles et les sépare en groupes fonctionnels (exemple : fascia thoracique profond).

TABLEAU 4.2 **Plexus nerveux**

Nom	Constitution	Innervation
Cervical	Quatre premiers rameaux ventraux des nerfs cervicaux	Muscles du cou et téguments de la tête, du cou et du thorax
Brachial	Quatre derniers rameaux ventraux des nerfs cervicaux et premier nerf thoracique	Peau et muscles des membres supérieurs
Lombal	Rameaux ventraux des nerfs lombaux	Partie inférieure de l'abdomen et régions antérieur et médiane du membre inférieur
Sacral	Tronc lombosacral et trois premières racines ventrales des nerfs sacraux	Musculature du pelvis et majeure partie du membre inférieur

FIGURE 4.4 **Coupe transversale d'un muscle**



A. Aponévrose; B. Ventre; C. Tendon; D. Surfaces articulaires; E. Épimysium; F. Périmysium; G. Endomysium; H. Fibres musculaires; I. Artère; J. Veine; K. Nerf; L. Capillaires.

Les nerfs moteurs entrent dans le muscle par la voie du périmysium, se ramifient dans ce tissu conjonctif et y forment, autour des faisceaux, un réseau dont se détachent les terminaisons nerveuses à myéline, c'est-à-dire les cylindraxes des neurones moteurs. On appelle plaque motrice la zone de contact d'un axone avec une fibre musculaire, à savoir la synapse neuromusculaire.

Les vaisseaux sanguins passent dans les enveloppes de tissu conjonctif pour atteindre les fibres musculaires et des lits de capillaires se forment entre les cellules musculaires. Le tissu musculaire strié est donc richement vascularisé. Mais l'intensité de la circulation sanguine dans le muscle varie beaucoup, selon que le muscle est plus ou moins actif ou qu'il est au repos; en outre, le diamètre des capillaires musculaires est très fluctuant. On estime que la surface d'échange entre le sang et la totalité des muscles d'un adulte au repos est de 2 400 m^2. Elle serait au moins cinq fois plus grande pendant l'exercice musculaire.

Points d'attaches

On connaît deux types de fixation sur les os pour les muscles squelettiques. Les fibres musculaires peuvent s'attacher directement à l'os, comme on le voit souvent à l'extrémité proximale du muscle. Le muscle grand adducteur de la cuisse illustre ce type de fixation (attache directe). Un muscle peut aussi être relié à un os par

l'intermédiaire d'un tendon ou d'une aponévrose (fascia) ; le muscle biceps brachial et le muscle grand dorsal (attache indirecte) en sont des exemples.

Cependant, les muscles peuvent s'insérer sur des structures anatomiques autres que les os ou les tendons (aponévroses). Certains s'attachent à la face profonde du derme (exemple : muscles peauciers), à la face profonde des muqueuses et des septums (exemple : muscles de la langue), au niveau des membranes (exemple : membrane obturatrice), mais aussi aux cartilages (exemple : muscles du larynx).

Tendon

Formé par les prolongements de l'endomysium, le tendon est l'extrémité blanchâtre et résistante des muscles squelettiques. Il est constitué d'un tissu fibreux, caractérisé par de volumineux faisceaux parallèles de fibres collagènes, et entouré par le péritendon. Le péritenton représente la couche externe du tendon constitué d'un tissu conjonctif dense. À la jonction des fibres musculaires et des fibres tendineuses (jonction myotendineuse), le tendon forme une cupule qui reçoit les fibres musculaires. Le tendon est peu vascularisé, mais richement innervé (innervation sensitive). Organe de transmission et de centralisation des forces musculaires, il participe à la coordination et à la précision des mouvements. Certains tendons sont très courts; d'autres peuvent atteindre plus de 30 cm de longueur.

Annexes musculaires

Différents éléments annexes sont indispensables au fonctionnement des muscles.

a) Les tendons qui ont la forme de membranes minces et larges sont appelés aponévroses. Ils sont peu nombreux dans le corps humain. L'aponévrose est une formation fibreuse, elle constitue soit une membrane recouvrant le muscle, soit un tendon large et aplati du muscle. Ainsi distingue-t-on les aponévroses (fascias) d'attaches et les aponévroses (fascias) d'enveloppes. Dans la nouvelle terminologie, le terme « fascia » a remplacé le terme « aponévrose ». Les fascias d'attaches sont des lames fibreuses équivalentes aux tendons. On les trouve surtout au niveau des muscles larges et charnus (muscle grand dorsal, muscle oblique externe de l'abdomen) ; le fascia thoraco-lombal en est un exemple. Les fascias d'enveloppes entourent les muscles et les séparent les uns des autres (exemple : fascia pectoral). Parmi les aponévroses, on distingue celles qui relient un muscle à un muscle (exemple : aponévrose épicrânienne), celles qui relient un os à un os (exemple : aponévrose dorsale du doigt) et celles qui relient un muscle à un os (exemple : aponévrose palmaire).

b) La muqueuse est la couche épithéliale de certains organes. La muqueuse linguale et la muqueuse de l'estomac en sont des exemples. Certains muscles s'insèrent sur les muqueuses.

c) Le septum est une cloison qui sépare deux cavités, deux organes ou deux parties d'un organe. Le septum intermusculaire antérieur de la jambe, lame

fibreuse verticale qui sépare les muscles des régions antérieur et latéral de la jambe, en est un exemple.

d) La membrane est un tissu mince et souple qui recouvre un organe, tapisse ou cloisonne une cavité, et unit des structures. La membrane interosseuse antébrachiale en est un exemple. Cette membrane qui sépare l'ulna et le radius, se fixe sur leur bord interosseux.

Les annexes musculaires déterminent des régions de l'organisme.

Gaine synoviale

La gaine (vaginale) est une structure qui permet le bon fonctionnement des tendons en facilitant leur glissement et en les maintenant en place. Cette lame conjonctive ou fibreuse enveloppe un tendon. Remplie de synovie, elle forme un manchon, à l'intérieur duquel le tendon, qu'il entoure, glisse. La gaine empêche ainsi une friction constante entre les tendons et l'os (exemple : gaine du tendon du muscle tibial antérieur). La gaine est principalement présente sur le parcours des longs tendons, au niveau des mains et des pieds.

Bourse synoviale

La bourse synoviale a la forme d'un sac. Ses parois conjonctives délimitent une cavité close remplie de liquide synovial. Elle facilite les mouvements de glissement des parties anatomiques auxquelles elle est annexée. On distingue des bourses

a) synoviales subcutanées (sous la peau). Exemple : bourse subcutanée acromiale;

b) synoviales submusculaires (sous un muscle). Exemple : bourse subdeltoïdienne;

c) synoviales subfasciales (sous un fascia). Exemple : bourse fasciale prépatellaire;

d) synoviales subtendineuses (sous un tendon). Exemple : bourse subtendineuse du muscle infra-épineux.

Les bourses servent avant tout à sauvegarder les structures tout en facilitant leur glissement l'une sur l'autre. Elles peuvent se développer en tout temps, selon les besoins de protection des organes concernés. Leur nombre varie considérablement et c'est au niveau de l'articulation du genou que l'on en dénombre le plus, soit environ 15 de nature synoviale.

Origine et terminaison

On représente le muscle squelettique comme un organe charnu en son centre (ventre ou cep) et rattaché aux os par deux extrémités plus rigides, les tendons. Cette description ne s'applique toutefois pas à la totalité des muscles, puisque certains peuvent posséder deux, trois ou quatre corps ou ceps : ce sont les biceps, les triceps et les quadriceps. D'autres encore s'attachent sans l'intermédiaire d'un tendon.

On appelle *origine* et *terminaison* les deux extrémités (insertions) par lesquelles un muscle squelettique se rattache à l'os.

Plutôt large, l'origine musculaire (chef du muscle) — c'est-à-dire l'extrémité la plus stable du muscle — prend appui sur plusieurs points d'un os ou même sur plusieurs os ; elle se situe près du tronc, sur le segment proximal (le plus lourd). La terminaison musculaire (queue du muscle), plutôt étroite, se fixe à un endroit plus délimité que dans le cas de l'origine ; elle est généralement distale ; c'est la plus mobile, sur le segment le plus léger.

De nombreux muscles sont pourvus d'attaches proximales (origines) très évasées qui assurent une meilleure prise sur l'os ; la terminaison musculaire, qui se situe en un point précis, permet d'exercer plus de force.

Lors de certains mouvements, l'origine et la terminaison de la plupart des muscles peuvent s'inverser. En effet, l'origine peut devenir la partie mobile et la terminaison, la partie peu mobile. Prenons l'exemple du muscle grand pectoral qui a son origine sur le thorax et sa terminaison sur l'humérus. En position anatomique, il est évident que l'humérus est plus mobile que le thorax ; cependant, dans le cas de tractions à une barre, le thorax se déplace vers l'humérus de sorte qu'il sert de terminaison au grand pectoral.

Forme des muscles squelettiques

On peut les classer en six grands groupes en fonction de leur forme.

a) Muscles longs : situés essentiellement au niveau des membres, ils sont orientés selon l'axe des membres concernés. En général, ils s'attachent sur deux os d'un même membre, le plus souvent deux segments voisins, mais pas toujours. La longueur de ces muscles l'emporte sur leurs autres dimensions. Ils sont de deux types.

   1° Simple : constitué d'une partie charnue, appelée ventre, et de deux extrémités plus étroites, les tendons.

   2° Composé : plus complexe, on en connaît plusieurs variétés.

   - Muscle digastrique à ventres opposés : les deux ventres sont séparés par un tendon intermédiaire (exemple : muscle digastrique du cou).
   - Muscle digastrique à ventres juxtaposés : les deux ventres sont séparés à l'une de leurs extrémités et réunis à l'autre en un tendon commun d'insertion (exemple : biceps brachial).
   - Muscle polygastrique à ventres opposés : semblable à un chapelet (exemple : muscle droit de l'abdomen).
   - Muscle polygastrique à ventres juxtaposés (exemples : triceps et quadriceps).

b) Muscles courts : ils sont épais, trapus et très rapprochés des articulations. Leurs trois dimensions sont réduites. Exemple : anconé, situé directement derrière l'articulation au coude.

c) Muscles plats : ils sont aplatis et on les trouve au niveau des parois du tronc. La longueur et la largeur l'emportent sur l'épaisseur. Exemple : muscle grand dorsal.

d) Muscles orbitaires : composés de fibres circulaires ou semi-circulaires, ils apparaissent partout où se trouvent des orifices dont ils provoquent l'occlusion ou l'ouverture. Exemples : muscle orbiculaire de la bouche, muscle sphincter externe de l'anus.

e) Muscles triangulaires ou convergents : muscles dont les faisceaux convergent, d'une origine large, vers un seul tendon étroit. Ils se disposent en forme de rayons. Exemple : le grand pectoral.

f) Muscles peauciers ou cutanés : superficiels, ils se situent essentiellement au niveau de la tête, de la face et du cou. Au moins une de leurs extrémités s'insère sur la face profonde du derme. Exemple : le plastyma (cou).

Les muscles superficiels sont situés directement sous la peau, sans s'y attacher (exemple : biceps brachial). Ils sont palpables. Les muscles profonds, de loin les plus nombreux, sont ceux situés sous les muscles superficiels. Ils sont normalement impalpables. Ils permettent la mobilisation active du squelette (exemples : muscle transverse de l'abdomen, muscle oblique supérieur de l'œil).

Les articulations logent entre les origines et les terminaisons des muscles squelettiques, à l'exception des muscles orbitaires et de quelques muscles cutanés.

Architecture musculaire

La force contractile d'un muscle est en partie attribuable à l'architecture de ses fibres. Les variations d'amplitude et de force sont liées à la configuration des fibres musculaires et tendineuses.

L'insertion des fibres musculaires sur les tendons terminaux peut se réaliser de différentes manières (Figure 4.5). On distingue les muscles

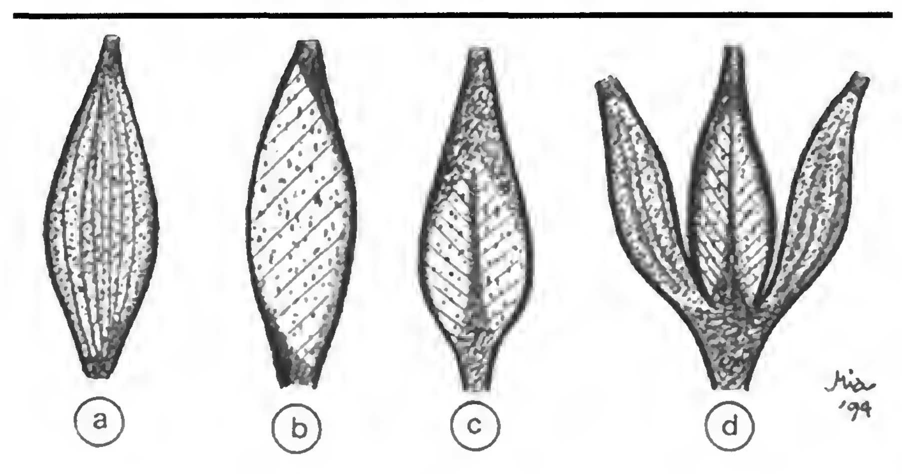
a) fusiformes (pseudo-penniformes ou parallèles) : variété de muscles oblongs, fuselés, dont les faisceaux musculaires sont parallèles à l'axe longitudinal du muscle et dont les fibres musculaires sont longues (exemple : le biceps brachial) ;

b) unipennés : variété de muscles dont les faisceaux musculaires courts s'implantent obliquement sur la face latérale d'un long tendon, à la manière des barbes d'une plume (exemple : muscle semimembraneux de la cuisse) ;

c) bipennés : variété de muscles dont les faisceaux musculaires courts s'implantent obliquement sur les faces latérales d'un tendon (exemple : muscle droit de la cuisse).

d) multipennés : variété de muscles dont les faisceaux musculaires courts s'implantent obliquement sur les faces latérales de plusieurs tendons (exemple : muscle deltoïde).

FIGURE 4.5 **Types de muscles selon la disposition des fibres**



a. Fusiforme ; b. Unipenné ; c. Bipenné ; d. Multipenné.

Les muscles fusiformes autorisent une grande variété de mouvements ; ils sont toutefois peu puissants. Les muscles pennés autorisent une moins grande variété de mouvements, mais sont plus puissants.

Action des muscles

Tout mouvement sollicite la participation de plusieurs muscles. Un muscle se contracte rarement seul. À cette fin, on distingue le muscle

a) **agoniste (moteur)** : premier responsable de la réalisation du mouvement désiré (exemple : le triceps brachial, pour l'extension de l'avant-bras sur le bras) ;

b) **antagoniste** : l'action de ce muscle s'oppose à celle du muscle agoniste. Dans les mouvements normaux, les muscles antagonistes se décontractent automatiquement dans un réflexe physiologique appelé inhibition réciproque (exemple : le biceps brachial, dans l'extension de l'avant-bras sur le bras) ;

c) **synergique (congénère)** : muscle (ou muscles) qui accompagne ou seconde un autre muscle dans l'exécution d'un mouvement donné (exemple : le muscle deltoïde, puissant abducteur du bras, et le muscle supraépineux, aussi abducteur du bras, surtout pour amorcer un mouvement) ;

d) **fixateur** : muscle qui immobilise une articulation ou un os pour permettre aux agonistes de travailler (exemple : si des muscles n'immobilisaient pas le poignet, celui-ci fléchirait chaque fois qu'on ferme le poing, parce que les muscles fléchisseurs des doigts traversent le poignet) ;

e) **neutralisateur** : muscle qui annule les actions indésirées (exemple : l'élévation des épaules est provoquée par les muscles trapèze et rhomboïde ; cependant, la rotation vers le haut de la scapula, entraînée par le muscle trapèze, est neutralisée par la rotation vers le bas de la scapula, entraînée par le muscle rhomboïde) ;

f) **modérateur** : muscle qui freine un mouvement (exemple : le biceps brachial est un muscle modérateur lorsqu'on doit exécuter une extension de l'avant-bras sur le bras, avec une charge dans la main).

Lésions musculaires

1. Au niveau des muscles

A. Crampe

Définition : contraction involontaire, brutale, intense, persistante et douloureuse d'un muscle ou de plusieurs muscles du squelette (exemple : muscles postérieurs de la jambe).

Causes :
- artérite des membres inférieurs ;
- effort prolongé ;
- déshydratation ;
- accumulation d'acide lactique ;
- maladie neurologique.

B. Contracture

Définition : contraction involontaire d'un muscle du squelette, spontanée, durable et douloureuse, qui survient en l'absence de toute lésion anatomique.

Causes :
- effort produit lorsque le muscle est mal ou insuffisamment préparé (contracture de fatigue) ;
- conséquence d'une lésion nerveuse (racine du nerf), produite à distance du muscle (au niveau de la colonne vertébrale), qu'on appelle contracture par radiculite (exemple : les muscles ischio-jambiers).

C. Ruptures musculaires

En fonction de leur gravité, on distingue plusieurs degrés de ruptures musculaires. On retient ici quatre types de ruptures.

C.1 Élongation

Définition : lésion bénigne, à la limite de la rupture.

Causes : elles sont multiples (effort, mauvais mouvement, choc, etc.).

C.2 Claquage

Définition : rupture d'un petit nombre de fibres musculaires causant un hématome.

Cause : effort dont l'intensité excède les capacités du muscle.

C.3 Déchirure

Définition : rupture de nombreuses fibres d'un muscle à la suite d'un effort trop intense.

Cause : manque de préparation à un exercice.

C.4 Rupture totale

Définition : rupture totale du corps musculaire.

Cause : violent choc traumatique.

D. Courbature

Définition : sensation d'endolorissement, de fatigue des muscles, après un effort inhabituel ou dans la phase initiale de certaines infections virales (exemple : la grippe).

2. Au niveau des tendons

A. Tendinite

Définition : la tendinite est la maladie la plus fréquente des tendons. Il s'agit d'une inflammation. L'une des tendinites les plus classiques est celle de l'épaule.

Causes :

- traumatisme important (choc direct, étirement brutal) ;
- traumatismes répétés, liés à certaines activités de la vie quotidienne, ou à des pratiques professionnelles ou sportives ;
- vieillissement des tissus ;
- maladies des articulations ;
- technique inappropriée à la pratique d'un sport ;
- port de chaussures inadaptées (tendon d'Achille).

B. Rupture des tendons

Définition : déchirure partielle ou totale d'un tendon.

Causes :

- contraction trop brusque ou trop violente (un saut, un sprint) ;
- coupure accidentelle par une lame (patin à glace, éclat de verre) ;
- tendinite récidivante ;
- tendons fragilisés par une maladie tendineuse préexistante ;
- frottements répétés, en particulier chez les personnes âgées ;
- polyarthrite rhumatoïde.

C. Calcifications tendineuses

Définition : elles se caractérisent par la formation, dans les tendons, de dépôts de cristaux d'un sel de calcium, l'apatite. Cette maladie, fréquente et bénigne, touche les articulations ; sa cible de prédilection est le tendon des muscles qui coiffent l'épaule (exemple : le supraépineux).

3. Au niveau des bourses

Bursite

Définition : inflammation aiguë ou chronique d'une bourse synoviale. Elle touche le plus souvent le coude, la rotule et le tendon d'Achille. Synonyme : hygroma.

Causes :

- irritation locale (frottement) ;
- longues heures de travail à genoux ;
- port de chaussures mal adaptées.

4. Au niveau des gaines

Ténosynovite

Définition : inflammation de la gaine synoviale qui entoure les tendons des muscles extenseurs et fléchisseurs des mains ou des pieds, et facilite leur glissement.

Causes :

- surmenage d'une articulation ;
- rhumatisme inflammatoire (polyarthrite rhumatoïde) ;
- infection bactérienne (tuberculose) ;
- maladie inflammatoire locale.

Vieillissement et activité physique

Vieillissement

Le vieillissement humain se manifeste par des changements fonctionnels et structuraux, de la naissance à la mort (Åstrand et Rodahl, 1980 ; Shephard, 1978). On examinera ci-après certains changements qui s'opèrent, plus particulièrement dans le système musculo-squelettique du corps.

a) Les os deviennent moins résistants, plus friables et poreux, et donc de plus en plus fragiles avec l'âge en raison d'une perte progressive de minéraux et de matrice.

b) Le cartilage se calcifie toujours davantage, ce qui contribue à la perte d'élasticité du squelette.

c) Il y a une diminution de la force musculaire. Il appert que la force de préhension de l'homme moyen se maintient à son niveau optimal jusqu'à l'âge de

45 ans, pour décliner de 15 à 20 % au cours des 20 années qui suivent. Cette perte peut s'expliquer, en partie, par une réduction des fibres musculaires fonctionnelles, mais aussi par des dépôts de substances non fonctionnelles comme le collagène.

d) Le vieillissement des tissus musculaires, osseux et cartilagineux se manifeste souvent par une perte de stabilité et de mobilité des articulations.

e) La présence du collagène dans le tissu conjonctif (aussi bien cartilagineux qu'osseux) augmente avec l'âge; par conséquent, les articulations perdent de plus en plus leur flexibilité.

f) L'atrophie musculaire est imputable à l'inactivité musculaire.

g) À partir de 30 ans, l'organisme subit une diminution progressive et continue de sa masse musculaire squelettique parce que le tissu adipeux remplace le tissu musculaire.

h) Dans certains muscles, une perte sélective de fibres musculaires d'un type donné peut survenir.

i) Avec l'âge, le nombre relatif de fibres oxydatives à contraction lente semble augmenter. Peut-être cela s'explique-t-il par l'atrophie des autres types de fibres.

Effets de l'activité physique

La population du Canada, comme celle des autres pays industrialisés, a sensiblement vieilli. En 1976, les personnes âgées (65 ans et plus) représentaient 8,7 % de la population. Aujourd'hui, elles représentent environ 12 % de la population. Le « grisonnement » du Canada est le résultat des progrès réalisés au cours des dernières années dans le domaine de l'organisation sociale et dans celui de la santé.

Plusieurs études menées dans différents pays du monde montrent que l'état de santé des personnes âgées s'est amélioré grâce à une plus grande activité physique. D'éminents spécialistes du vieillissement estiment qu'une bonne partie du processus de dégénérescence que l'on attribue au vieillissement peut être causée par l'inactivité plutôt que par une maladie ou un processus irréversible de vieillissement (Sheppard, 1978). On utilise maintenant l'expression maladie hypocinétique pour décrire toute maladie causée en partie par l'insuffisance de mouvement.

Ce qui est merveilleux dans le corps humain, c'est la manière dont les divers systèmes et parties y sont intégrés. Les fonctions de l'organisme sont réglées par des mécanismes de rétroaction, d'activation, d'inhibition, de coordination, etc. Lorsque l'organisme fonctionne bien, tous ces éléments agissent en harmonie et s'équilibrent.

Le mouvement fait partie de la vie et, par conséquent, l'activité physique est un stimulus naturel auquel tout l'organisme réagit de manière positive. Quels bienfaits l'exercice physique apporte-t-il aux personnes âgées ? Plus spécifiquement, quels bénéfices le système musculaire tire-t-il de l'exercice physique ?

a) L'augmentation de l'efficacité (gain de force et d'endurance) serait le résultat d'une meilleure contractilité. Les facteurs suivants expliquent l'efficacité en ce sens de l'exercice physique.

   a. 1 Le nombre de myofibrilles augmente dans un muscle entraîné.

   a. 2 Les substances énergétiques (créatine-phosphate, ATP, glucose) sont davantage disponibles.

   a. 3 Les réserves énergétiques (glycogène) sont plus grandes.

   a. 4 La quantité d'oxygène disponible augmente grâce à une circulation sanguine plus efficace (réseau capillaire mieux développé). Ce dernier facteur est probablement le plus important.

b) La grosseur du muscle augmente lorsqu'il est utilisé intensément.

c) L'exercice physique renforce la résistance à la fatigue musculaire.

d) Les exercices d'endurance aérobiques influencent grandement les fibres musculaires oxydatives à contraction rapide (exercices d'une durée supérieure à deux minutes).

e) Les exercices assouplissent les muscles et réduisent ainsi le risque de rupture des tendons.

Depuis un siècle, l'espérance de vie moyenne des Canadiens s'est accrue d'environ 30 ans. À l'heure actuelle, le Canadien de 65 ans peut espérer vivre 15 années de plus ; la Canadienne, 20 de plus.

L'exercice physique prolongerait-il la vie ?

Selon certaines études, la pratique d'un sport n'assure pas nécessairement une plus longue vie (Katch et McArdle, 1985). Toutefois, il semble plausible que l'activité physique, pratiquée ***régulièrement toute une vie durant*** offre une protection contre la maladie et prolonge la vie. Si l'exercice aérobique peut réduire le risque de maladie cardiaque hâtive, l'activité physique pratiquée sur une base régulière devrait avoir à coup sûr un effet positif sur la longévité.

Le saviez-vous ?

1. Le tendon d'Achille peut supporter une traction de près de 300 kg.
2. Le curare est un agent paralysant. Il bloque la transmission de l'influx entre le nerf et le muscle. Les Indiens d'Amazonie l'utilisaient pour empoisonner leurs flèches. Le curare paralyse tous les muscles, y compris les muscles respiratoires, et provoque donc la mort rapidement.
3. Le tonus musculaire varie suivant la température ambiante de l'atmosphère.
4. La fatigue musculaire est une incapacité physiologique à se contracter.
5. La marche met en œuvre plus de 200 muscles différents.

6. Le rétinaculum est une formation fibreuse annulaire qui maintient en place les longs tendons musculaires, aux extrémités du corps (mains et pieds). Exemples : rétinaculum des fléchisseurs des doigts, rétinaculum inférieur des muscles fibulaires.

7. Le graphospasme est la crampe de l'écrivain.

8. La pupille de l'œil se contracte assez lentement. Regardez-vous dans un miroir, puis recouvrez-vous les yeux avec la main ; retirez ensuite la main et vous pourrez voir la vitesse à laquelle le muscle lisse de l'iris se contracte à la lumière.

9. L'amplitude musculaire est la distance couverte par un muscle, de son allongement maximum à son raccourcissement maximum. Normalement, un muscle peut perdre jusqu'à la moitié de sa longueur au repos et gagner, en action, de 1,5 à 1,7 fois sa longueur.



Page laissée blanche

CHAPITRE 5

Ceinture scapulaire

Os de la ceinture scapulaire

La ceinture scapulaire (ceinture pectorale) est constituée de deux clavicules et de deux scapulas (Kahle, Leonhardt et Platzer, 1988). Le mot *ceinture*, qui signifie « faire le tour de », n'est pas tout à fait approprié puisque les deux os scapulas ne se rejoignent pas à l'arrière. La ceinture scapulaire ne fournit pas un support solide parce qu'elle n'est attachée au squelette axial que par le sternum. Grâce à la mobilité de la ceinture scapulaire, les possibilités de mouvements des bras sont presque doublées, ce qui augmente considérablement la liberté d'action des mains. La largeur des épaules est maximale lorsque les deux clavicules sont sur une même ligne droite, c'est-à-dire lorsque les épaules sont un peu portées en avant.

Clavicule

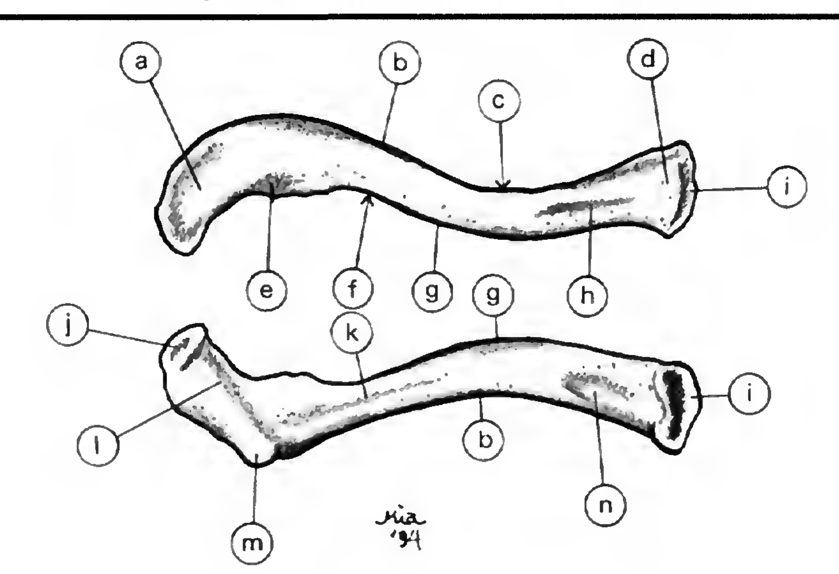
Os pair allongé, à la partie supérieure de la cage thoracique, la clavicule surplombe à l'avant le thorax et l'articulation de l'épaule. La clavicule a une longueur d'environ 15 cm. Tendue transversalement en arc-boutant entre le sternum et la scapula, elle présente une double courbure en « s » italique et comprend un corps et deux extrémités (Figure 5.1). La face supérieure du corps aplati est lisse et sa face inférieure est rugueuse. La face inférieure porte, dans sa partie moyenne, le sillon du muscle subclavier et, dans sa partie latérale, le tubercule conoïde et la ligne trapézoïde. Le corps aplati présente un bord antérieur dont les deux tiers médiaux sont convexes et dont le tiers latéral, concave, loge le tubercule deltoïdien. Il présente aussi un bord postérieur dont les deux tiers médiaux sont concaves et le tiers latéral, convexe. Son extrémité sternale est massive et triangulaire ; son extrémité acromiale est aplatie et oblique. L'ossification commence et se termine avec cet os. Son ossification s'amorce dans la sixième semaine de vie intra-utérine et s'achève vers la vingt-troisième année.

Voici les différentes parties de la clavicule.

a) **Surface articulaire sternale** : située à l'extrémité médiale de la clavicule, elle comporte deux segments dont l'un, vertical, répond au manubrium sternal et l'autre, horizontal, s'articule avec le premier cartilage costal.

b) **Surface articulaire acromiale** : surface de l'extrémité latérale de la clavicule, elle s'articule avec l'acromion.

FIGURE 5.1 Faces supérieure (en haut) et inférieure (en bas) de la clavicule



a. Extrémité acromiale ; b. Bord postérieur ; c. Courbure médiale ; d. Extrémité sternale ; e. Tubercule deltoïdien ; f. Courbure latérale ; g. Bord antérieur ; h. Empreinte rugueuse ; i. Surface articulaire sternale ; j. Surface articulaire acromiale ; k. Sillon du muscle subclavier ; l. Ligne trapézoïde ; m. Tubercule conoïde ; n. Empreinte du ligament costoclaviculaire.

c) **Tubercule deltoïdien** : situé sur le bord antérieur de la clavicule, au niveau de son tiers latéral. Le muscle deltoïde s'y insère.

d) **Tubercule conoïde** : petite partie osseuse, située sur la face inférieure latérale de la clavicule, où s'insère le ligament conoïde.

e) **Sillon du muscle subclavier** : situé sur la face inférieure moyenne de la clavicule, où s'insère le muscle subclavier.

f) **Ligne trapézoïde** : surface rugueuse, située sur la face inférieure latérale de la clavicule, où s'insère le ligament trapézoïde.

g) **Empreinte du ligament costoclaviculaire** : saillie rugueuse, située sur la face inférieure médiale de la clavicule, où s'insère le ligament costoclaviculaire.

h) **Extrémité acromiale** : extrémité latérale de la clavicule. Elle est aplatie de haut en bas et déportée vers l'avant. Elle présente une surface articulaire qui répond à l'acromion.

i) **Extrémité sternale** : extrémité médiale de la clavicule. Prismatique et triangulaire, elle présente une surface articulaire qui répond au manubrium sternal et au premier cartilage costal. Sa face inférieure porte l'empreinte d'insertion du ligament costoclaviculaire.

Scapula

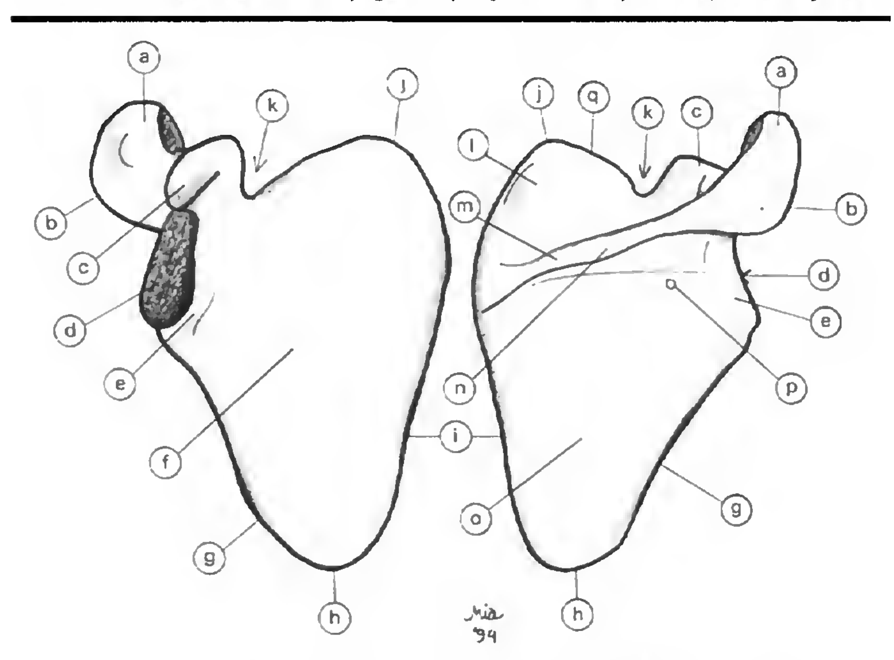
La scapula est un os pair de la ceinture scapulaire. Son développement s'opère depuis le troisième mois de vie intra-utérine jusqu'à la vingtième année environ. Seuls des muscles la retiennent à la paroi thoracique postérieure. Formé d'un corps triangulaire qui porte l'épine scapulaire et le processus coracoïde (Figure 5.2), cet os présente une face costale concave (la fosse subscapulaire) et une face dorsale divisée par l'épine en deux fosses dites supra et infraépineuse. Cette épine se termine latéralement par l'acromion. La scapula présente aussi un bord supérieur qui contient l'incisure scapulaire, un bord médial situé près des vertèbres, un bord latéral, un angle supérieur arrondi, un angle inférieur pointu, un angle latéral où s'inscrivent la cavité glénoïdale et le processus coracoïde. Le bord médial de la scapula est parfois concave, d'où l'appellation alors de scapula scaphoïde. La scapula recouvre, à l'arrière, de la deuxième à la huitième côte.

Voici les différentes parties de la scapula.

a) **Acromion** : extrémité latérale de l'épine. Aplati de haut en bas, l'acromion est le point le plus élevé de l'épaule. Son angle est perceptible à la palpation.

b) **Processus coracoïde** : en forme de doigt demi-fléchi. Son sommet se porte vers l'extérieur et l'avant.

FIGURE 5.2 Faces antérieure (à gauche) et postérieure (à droite) de la scapula



a. Acromion; b. Angle latéral; c. Processus coracoïde; d. Cavité glénoïdale; e. Col; f. Fosse subscapulaire; g. Bord latéral; h. Angle inférieur; i. Bord médial; j. Angle supérieur; k. Incisure scapulaire; l. Fosse supraépineuse; m. Épine scapulaire; n. Tubérosité de l'épine; o. Fosse infraépineuse; p. Trou nourricier; q. Bord supérieur.

c) **Cavité glénoïdale :** surface articulaire qui reçoit la tête de l'humérus. Elle est concave, ovale et beaucoup plus petite que la tête de l'humérus.

d) **Épine scapulaire :** lame osseuse triangulaire qui divise la face postérieure en fosses dites supra et infraépineuse. Elle se trouve à peu près à la hauteur de la troisième vertèbre dorsale.

e) **Fosse infraépineuse :** située sous l'épine.

f) **Fosse supraépineuse :** située au-dessus de l'épine scapulaire.

g) **Fosse subscapulaire :** surface concave de la face costale.

h) **Incisure scapulaire :** dépression du bord supérieur. Elle peut être remplacée par un foramen coracoïdien.

i) **Col :** partie rétrécie qui sépare la cavité glénoïdale des fosses.

j) **Angle supérieur :** formé par la jonction des bords supérieur et médial, il correspond au deuxième espace intercostal postérieur.

k) **Angle latéral :** taillé en biseau et situé à la jonction des bords supérieur et latéral. Il est formé par la cavité glénoïdale de la scapula.

l) **Angle inférieur :** formé par la jonction des bords latéral et médial. Il correspond au septième espace intercostal postérieur.

m) **Tubérosité de l'épine scapulaire :** saillie osseuse de l'épine qui sert de point d'attache au muscle trapèze.

n) **Racine de l'épine :** située sur le bord médial à la base de l'épine, c'est une surface évasée.

Articulations de la ceinture scapulaire

Les articulations de la ceinture scapulaire présentent un ensemble d'articulations paires grâce auxquelles les os de la ceinture se solidarisent avec le thorax. Elles comprennent les articulations acromioclaviculaire et sternoclaviculaire (Norkin et Levangie, 1992).

Articulation acromioclaviculaire

L'articulation de la ceinture du membre supérieur unit le bord médial de l'acromion à l'extrémité latérale de la clavicule (Figure 5.3). Elle est instable. C'est une articulation synoviale plane.

a) **Surfaces articulaires :** la surface de l'acromion, la surface de la clavicule et un disque qui s'interpose entre les deux surfaces, une fois sur trois.

b) **Capsule articulaire :** elle est résistante.

c) **Ligaments :** la face supérieure de la capsule est renforcée par un ligament très résistant, le ligament acromioclaviculaire. Les ligaments coracoclaviculaire, tra-

pézoïde et conoïde qui s'insèrent à distance de l'articulation, contribuent à son maintien. Les ligaments trapézoïde et conoïde forment entre eux un angle droit.

d) **Anatomie fonctionnelle** : elle est le siège des mouvements de glissement de faible amplitude. L'orientation des surfaces articulaires en présence prédispose aux luxations vers le haut (séparation de l'épaule).

Articulation sternoclaviculaire

L'articulation de la ceinture du membre supérieur unit l'extrémité médiale de la clavicule au manubrium sternal et au premier cartilage costal (Figure 5.4). Elle est très instable morphologiquement. C'est une articulation synoviale en selle.

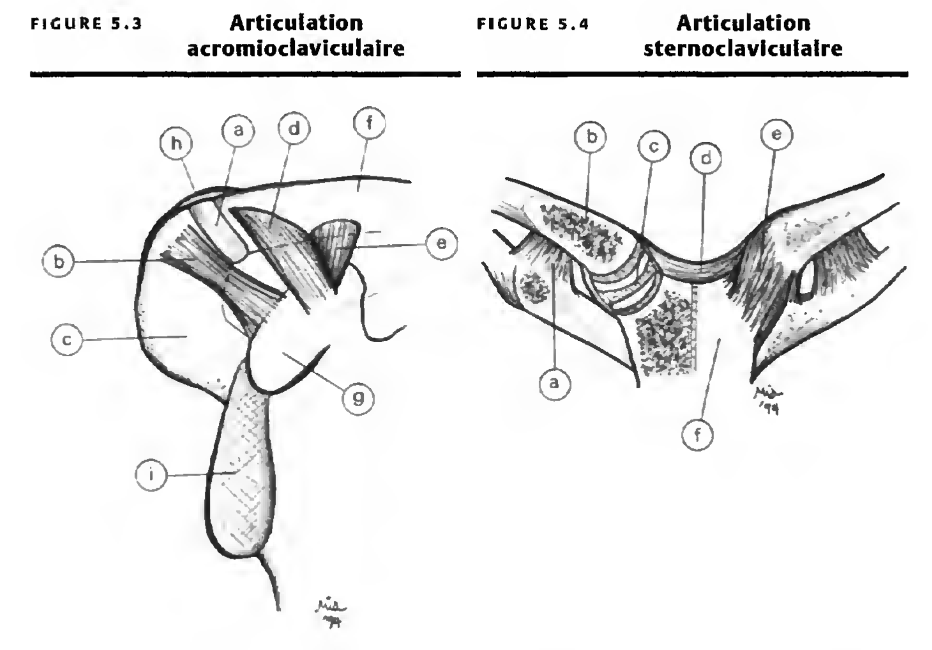
a) **Surfaces articulaires** : l'incisure claviculaire du manubrium sternal, le premier cartilage costal, la surface sternale. Un disque se loge entre ces surfaces et joue apparemment le rôle d'une selle.

b) **Capsule articulaire** : elle est mince. La cavité articulaire est divisée en deux par le disque articulaire, parfois perforé en son centre.

c) **Ligaments** : au nombre de quatre, ils renforcent la capsule articulaire. Ce sont les puissants ligaments sternoclaviculaires antérieur et postérieur, costoclaviculaire et interclaviculaire.

FIGURE 5.3 **Articulation acromioclaviculaire**

FIGURE 5.4 **Articulation sternoclaviculaire**



a. Articulation acromioclaviculaire ; b. Ligament coracoacromial ; c. Os acromion ; d. Ligament trapézoïde ; e. Ligament conoïde ; f. Os clavicule ; g. Processus coracoïde ; h. Ligament acromioclaviculaire ; i. Cavité glénoïdale.

a. Ligament costoclaviculaire ; b. Os clavicule ; c. Articulation sternoclaviculaire ; d. Ligament interclaviculaire ; e. Ligament sternoclaviculaire antérieur ; f. Manubrium sternal.

d) **Anatomie fonctionnelle** : elle est le siège de mouvements de faible amplitude dans les différents plans de l'espace (élévation et abaissement dans le plan frontal, projections avant et arrière dans le plan horizontal).

Mouvements de la ceinture scapulaire

Les mouvements essentiels de la scapula (Figure 5.5) ou de l'unité scapulothoracique sont (Castaing, 1979 a) les suivants.

a) **Élévation** : mouvement de la scapula vers le haut, sans rotation. L'amplitude de ce mouvement est de l'ordre de 10 à 12 cm. Toutes les parties de la scapula se déplacent sur une même distance et dans un même plan. Exemple : haussement des épaules.

b) **Abaissement** : mouvement de la scapula vers le bas, sans rotation, jusqu'à sa position normale.

c) **Abduction ou protraction** : mouvement de la scapula qui glisse latéralement et vers l'avant, le long de la surface costale. Exemple : projection des deux épaules vers l'avant.

d) **Adduction ou rétraction** : mouvement de la scapula qui glisse médialement vers la colonne vertébrale. Exemple : rejet vers l'arrière des épaules, les bras pendants le long du corps.

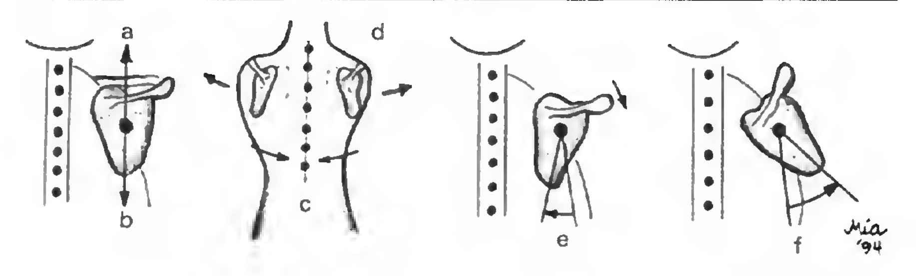
e) **Rotation vers le haut (externe ou axillaire)** : rotation de la cavité glénoïdale vers le haut ; l'angle inférieur se porte vers l'extérieur. L'amplitude de la rotation est d'environ 45°.

f) **Rotation vers le bas (interne ou spinale)** : rotation de la cavité glénoïdale vers le bas ; l'angle inférieur se porte vers l'intérieur. L'amplitude de la rotation est d'environ 20°.

g) **Inclinaison vers l'avant** : mouvement par lequel l'angle inférieur s'éloigne des côtes.

h) **Inclinaison vers l'arrière** : mouvement par lequel l'angle inférieur se rapproche des côtes jusqu'à reprendre sa position normale (ou retour à la position anatomique qui est la position normale).

FIGURE 5.5 **Mouvements de la scapula (vue postérieure)**



a. Élévation ; b. Abaissement ; c. Adduction ; d. Abduction ; e. Rotation spinale ; f. Rotation axillaire.

Muscles de la ceinture scapulaire

Les muscles de la ceinture scapulaire sont des muscles fixateurs qui immobilisent la ceinture scapulaire sur le tronc. De plus, ils servent à ajuster les mouvements des bras. Quatre muscles postérieurs fixent la scapula : le trapèze, l'élévateur de la scapula, le petit rhomboïde et le grand rhomboïde. Trois muscles antérieurs fixent la ceinture scapulaire au thorax : le subclavier, le petit pectoral et le dentelé antérieur (Rasch et Burke, 1978).

Subclavier (*subclavius*)

Petit muscle fusiforme et vestigial, situé sous la clavicule (Figure 5.6), le muscle subclavier (sous-clavier) est un muscle antérieur. Il attache la clavicule à la côte. Il est impossible à palper. Ce muscle peut faire défaut.

a) Origine : court tendon à la jonction ostéocartilagineuse de la première côte.

b) **Terminaison** : face inférieure de la clavicule, dans sa partie centrale.

c) Action : aide à l'abaissement de la clavicule. Il protège et stabilise l'articulation sternoclaviculaire.

d) Innervation : nerf subclavier.

Petit pectoral (*pectoralis minor*)

Petit muscle antérieur, aplati et de forme triangulaire (Figure 5.7), il loge dans la partie supérieure de la poitrine, sous le grand pectoral. Il joue un rôle important dans les mouvements de poussée avec les mains. Reliant la scapula à la cage thoracique, il contribue grandement au maintien de la posture. Il est difficilement palpable lorsque le grand pectoral est contracté.

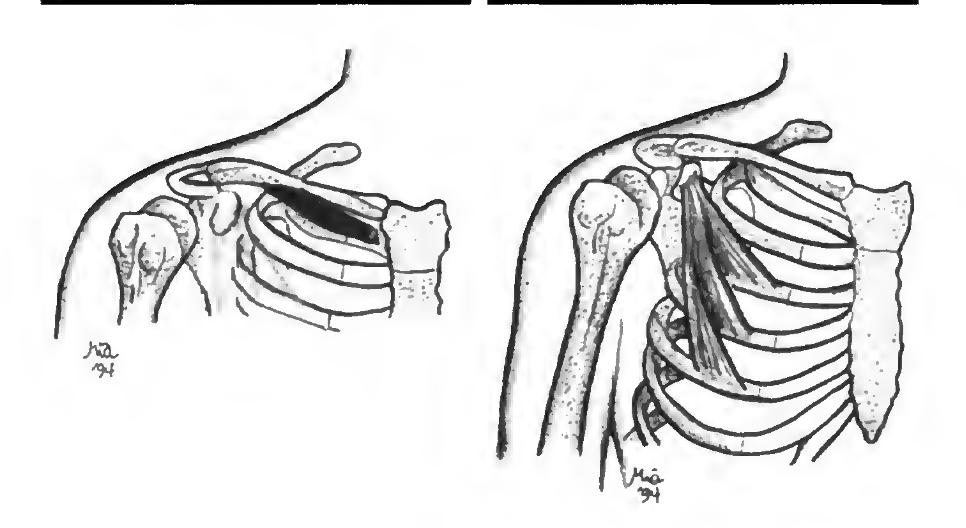


FIGURE 5.6 **Muscle subclavier**

FIGURE 5.7 **Muscle petit pectoral**

a) **Origine** : surface antérieure des troisième, quatrième et cinquième côtes, près des cartilages costaux. Il peut avoir un nombre plus ou moins grand d'insertions d'origine.

b) **Terminaison** : processus coracoïde de la scapula.

c) **Action** : abducteur, rotateur vers le bas et abaisseur de la scapula. Il peut contribuer à l'inspiration quand la ceinture scapulaire est fixe, en élevant les côtes.

d) **Innervation** : nerf pectoral médial.

Dentelé antérieur (*serratus anterior*)

Anciennement, on le nommait le grand dentelé. Il est appelé ainsi à cause de ses attaches en dents de scie (Figure 5.8). Situé sous la peau, il est recouvert à l'arrière par la scapula et à l'avant par le grand pectoral. Il s'étend depuis le bord latéral des côtes jusqu'à la face antérieure de la scapula. On peut le palper dans la partie antérolatérale de la cage thoracique. C'est un muscle antérieur important pour les mouvements de poussée avec les bras et de préhension quand on élève les bras au-delà de l'horizontale. Il entre en action dans les lancers au base-ball et au basketball. Le muscle dentelé antérieur est souvent surnommé muscle de l'escrimeur.

a) **Origine** : surface extérieure des huit ou neuf premières côtes.

b) **Terminaison** : bord médial de la scapula, de l'angle supérieur à l'angle inférieur.

c) **Action** : abducteur et rotateur vers le haut de la scapula. Il maintient la scapula sur la cage thoracique.

d) **Innervation** : nerf thoracique long.

Trapèze (*trapezius*)

Muscle superficiel postérieur situé dans la partie supérieure du dos (Figure 5.9). Triangulaire, il se présente sous la forme d'un feuillet plat. Sa base s'étend du cou aux dernières vertèbres thoraciques et son sommet se trouve au niveau de l'articulation acromioclaviculaire. Facilement palpable, c'est le muscle touché par le torticolis. La fixation de la scapula compte parmi les principales fonctions de ce muscle. Ce muscle entre en action lorsque les bras soulèvent des poids.

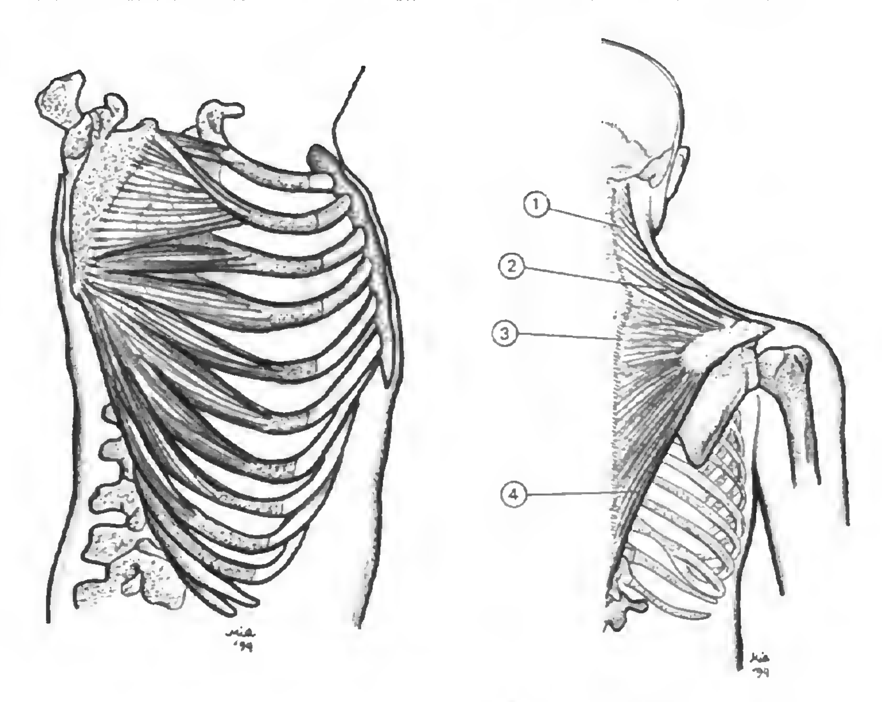
a) **Origine** : protubérance occipitale externe, ligament de la nuque et processus épineux, de la septième vertèbre cervicale à la douzième vertèbre thoracique.

b) **Terminaison** : face postérieure du tiers latéral de la clavicule, sommet de l'acromion et bord supérieur de l'épine de la scapula.

c) **Action** : selon la direction des faisceaux, on distingue les quatre trapèzes. Le trapèze 1 est élévateur ; le trapèze 2 est élévateur, rotateur vers le haut, et il aide à l'adduction ; le trapèze 3 est adducteur ; le 4 est abaisseur, rotateur vers le haut, et il aide à l'adduction. Si la scapula est immobile, le trapèze aide à l'extension de la tête.

d) **Innervation** : un rameau du nerf accessoire et le troisième nerf cervical.

FIGURE 5.8 Muscle dentelé antérieur **FIGURE 5.9 Muscle trapèze**



1. Trapèze 1 ; 2. Trapèze 2 ; 3. Trapèze 3 ; 4. Trapèze 4.

Élévateur de la scapula (*levator scapulæ*)

Petit muscle postérieur de la région latérale du cou et du dos, sous la partie supérieure du trapèze (Figure 5.10), il s'étend de la colonne cervicale à l'angle supérieur de la scapula. Il est impalpable.

a) **Origine** : processus transverses des quatre ou cinq premières vertèbres cervicales.

b) **Terminaison** : bord médial entre la racine de l'épine et l'angle supérieur de la scapula.

c) **Action** : élévateur de la scapula.

d) **Innervation** : nerf scapulaire dorsal (cinquième nerf cervical).

Rhomboïdes (*rhomboideus*)

Il existe deux muscles rhomboïdes (petit et grand) que l'on considère ici comme un seul. Il est placé principalement sous le trapèze 3 (Figure 5.11). Le terme rhomboïde dérive de la forme du muscle : un parallélogramme oblique. C'est le plus important fixateur de la scapula. Placé entre la colonne vertébrale et la scapula, il est difficilement palpable. Les deux muscles rhomboïdes sont postérieurs et parfois fusionnés

FIGURE 5.10 **Muscle élévateur de la scapula**

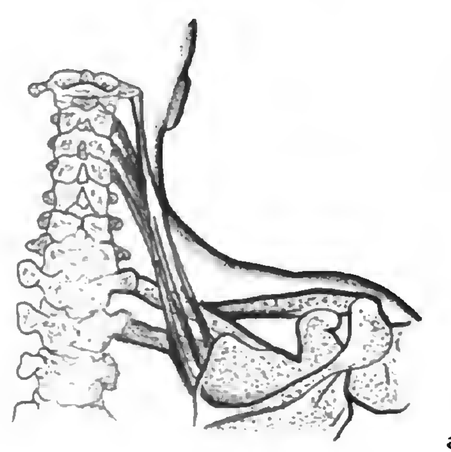
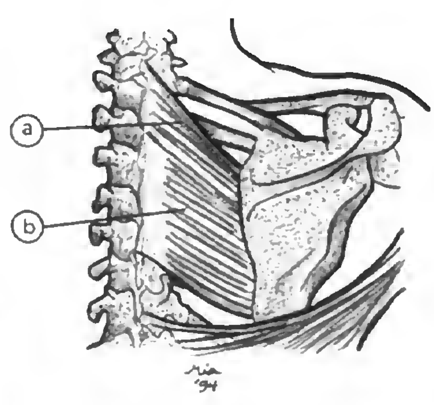


FIGURE 5.11 **Muscles rhomboïdes**



a. Petit rhomboïde; b. Grand rhomboïde.

en un seul muscle. Ils sont puissamment mis à contribution à la barre fixe. Les rhomboïdes sont des antagonistes du muscle dentelé antérieur.

a) **Origine** : processus épineux des deux dernières vertèbres cervicales et des quatre premières vertèbres dorsales.

b) **Terminaison** : bord médial de la scapula de la racine de l'épine jusqu'à l'angle inférieur.

c) **Action** : élévateur, adducteur et rotateur vers le bas de la scapula.

d) **Innervation** : nerf dorsal de la scapula.

Les Figures 5.12 et 5.13 présentent l'ensemble des muscles de la ceinture scapulaire. Le Tableau 5.1 énumère les mouvements et les muscles de la ceinture scapulaire.

Lésions de la région de la ceinture scapulaire

1. Fracture de la clavicule

Les fractures de la clavicule surviennent en cas de chute sur l'épaule, dans les sports individuels et de contact (par exemple : en ski, à vélo et au hockey sur glace). La fracture se produit souvent au tiers moyen de la clavicule. La fracture de la clavicule est fréquente chez les sportifs.

2. Fracture de la scapula

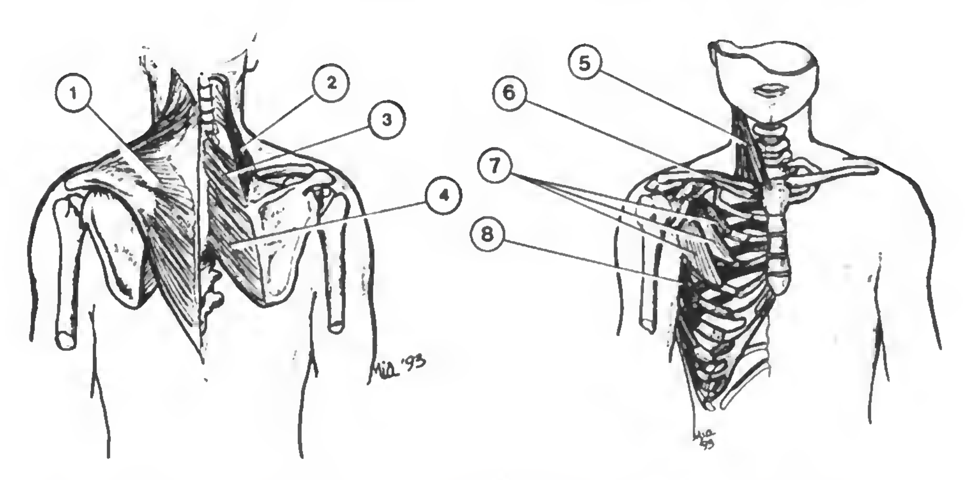
La fracture de la scapula est très rare.

3. Luxation de l'articulation acromioclaviculaire

La luxation de l'articulation acromioclaviculaire est une lésion relativement fréquente dans les sports de contact, l'équitation, le judo, le cyclisme, le ski et la lutte.

FIGURE 5.12 **Vue postérieure des muscles de la ceinture scapulaire (muscle superficiel à gauche, muscles profonds à droite)**

FIGURE 5.13 **Vue antérieure des muscles profonds de la ceinture scapulaire**



1. Muscle trapèze; 2. Muscle élévateur de la scapula; 3. Muscle petit rhomboïde; 4. Muscle grand rhomboïde.

5. Muscle sternocléidomastoïdien; 6 Muscle subclavier; 7. Muscle petit pectoral; 8. Muscle dentelé antérieur.

TABLEAU 5.1 **Muscles et mouvements de la ceinture scapulaire**

Mouvements de la scapula (muscles)	Élévation	Abaissement	Abduction	Adduction	Rotation (haut)	Rotation (bas)
Subclavier (*subclavius*)		A				
Petit pectoral (*pectoralis minor*)		P	P			P
Dentelé antérieur (*serratus anterior*)			P		P	
Trapèze 1 (*trapezius I*)	P					
Trapèze 2 (*trapezius II*)	P			A	P	
Trapèze 3 (*trapezius III*)				P		
Trapèze 4 (*trapezius IV*)		P		A	P	
Élévateur de la scapula (*levator scapulæ*)	P					
Rhomboïdes (petit et grand) (*rhomboideus minor, major*)	P			P		P

P : muscle principal

A : muscle auxiliaire

L'articulation peut être atteinte au moment d'une chute sur l'épaule, sur le coude ou le bras en extension, chute qui repousse l'articulation vers l'intérieur et le haut. Les ligaments et la capsule articulaire peuvent alors se rompre et provoquer une luxation partielle. Si se disjoignent également tous les ligaments, il s'ensuit une luxation totale. Parfois, le disque sera aussi lésé.

4. Luxation de l'articulation sternoclaviculaire

L'articulation sternoclaviculaire est relativement peu souvent l'objet de luxations. Dans le cas d'un traumatisme à l'épaule, un glissement de l'articulation peut se produire et les ligaments se rompre ; l'extrémité sternale de la clavicule est alors libre de se porter vers l'avant (où on la remarque) ou vers l'arrière. La clavicule est en général seulement en partie luxée, mais son extrémité peut être entièrement libre. Si l'extrémité de la clavicule se porte vers l'arrière, elle peut perforer de gros vaisseaux sanguins (artères subclavières), et des lésions virtuellement fatales peuvent s'ensuivre.

Le saviez-vous ?

1. La paralysie de l'élévateur de la scapula se manifeste par la chute des épaules et la minceur du cou.
2. Les muscles grand dorsal et trapèze recouvrent presque toute la surface du dos.
3. Les muscles petit pectoral et dentelé antérieur sont très sollicités dans l'exécution des pompes.
4. La paralysie du dentelé antérieur provoque la scapula ailée (*scapulum alatum*), une projection vers l'arrière du bord médial de la scapula. Par conséquent, il n'est plus possible d'élever le bras au-dessus de 90°.
5. L'amplitude totale des glissements de la scapula vers l'avant (abduction) ou vers l'arrière (adduction), sur la paroi thoracique, est d'environ 15 cm.
6. Lorsque les rhomboïdes sont paralysés, l'angle inférieur de la scapula est « décollé » et projeté fortement vers l'arrière.
7. Pour éviter les épaules « enroulées » (saillantes à l'avant), il est important de développer les muscles rhomboïdes et le muscle trapèze 3.
8. Une arthrose de l'articulation sternoclaviculaire peut empêcher les mouvements de l'épaule.
9. Le haussement des épaules et les mouvements de rame avec une barre à disques sont d'excellents exercices pour développer le muscle trapèze.
10. Certains animaux, par exemple le cheval et le chat, n'ont pas de clavicule.
11. La paralysie du muscle sous-clavier n'entraîne aucune conséquence.
12. Lorsqu'on transporte une valise lourde, il se produit une contraction isométrique du muscle dentelé antérieur.
13. Le torticolis banal est une contracture, plus ou moins douloureuse des muscles du cou, qui limite les mouvements de rotation de la tête.

CHAPITRE 6

Épaule

Os de l'épaule

L'épaule est la partie supérieure du bras, précisément celle où le bras s'attache au thorax. Ce point de jonction, entre la tête de l'humérus (bras) et la cavité glénoïdale de la scapula, porte le nom d'articulation scapulohumérale. L'humérus est le seul os du bras.

Humérus

L'humérus est un os long qui constitue le squelette du bras (Kahle, Leonhardt et Platzer, 1988). Il s'articule avec la scapula, à son sommet, et avec l'ulna et le radius, à sa base. Il présente une épiphyse proximale volumineuse, un corps arrondi dans sa moitié supérieure, mais légèrement aplati dans sa moitié inférieure. Le corps de l'humérus a trois faces (antéromédiale, antérolatérale, et postérieure qui porte le sillon du nerf radial) et trois bords (antérieur peu marqué, médial et latéral). Finalement, son épiphyse distale aplatie d'avant en arrière est recourbée vers l'avant (Figure 6.1). L'humérus est l'un des rares os doté à la fois d'un col chirurgical et d'un col anatomique.

Voici les différentes parties de l'humérus.

a) Tête : épouse la forme d'un tiers de sphère. Lisse, elle est tournée vers l'intérieur et située sur l'épiphyse proximale. Elle s'articule avec la cavité glénoïdale de la scapula.

b) Col anatomique : sillon circulaire qui sépare la tête humérale des tubercules.

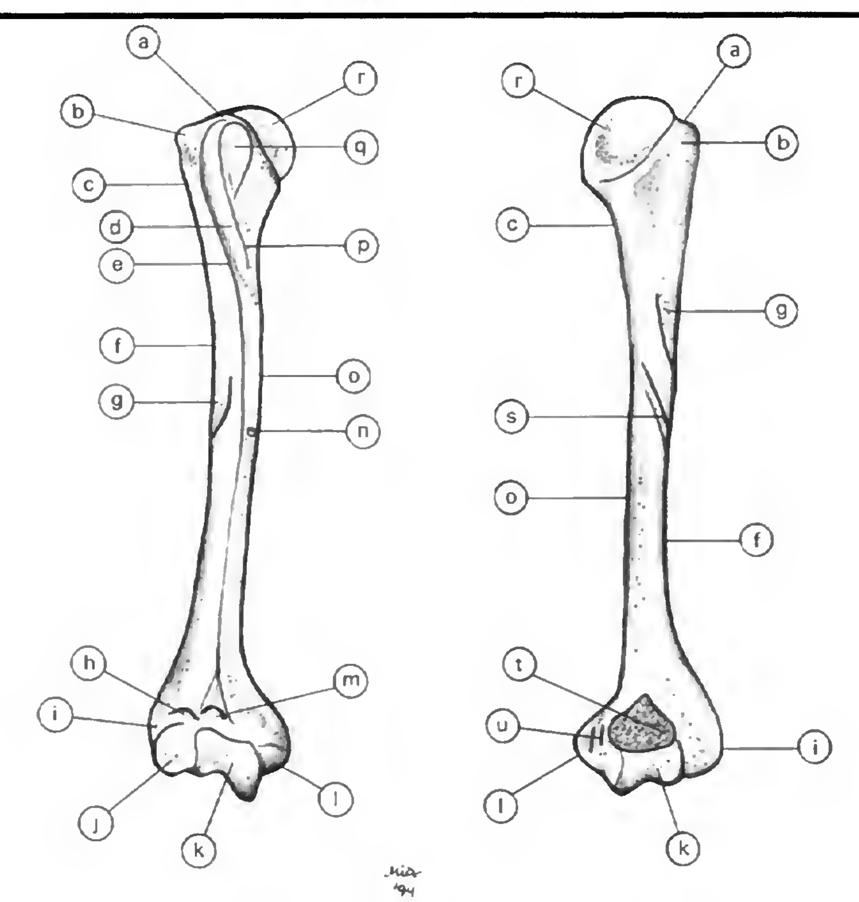
c) Col chirurgical : région légèrement rétrécie, sous les tubercules, où se produisent souvent des fractures.

d) Sillon intertuberculaire : vertical et profond, sis à l'extrémité supérieure de la face antérieure de l'humérus. En forme de rigole, il est situé entre le grand et le petit tubercule. Le chef long du biceps brachial passe par ce sillon pour atteindre la scapula.

e) Épicondyle latéral : saillie osseuse de l'épiphyse distale, située hors et au-dessus du capitulum.

f) Épicondyle médial : processus saillant de l'épiphyse distale.

FIGURE 6.1 **Faces antérieure (à gauche) et postérieure (à droite) de l'humérus**



a. Col anatomique; b. Grand tubercule; c. Col chirurgical; d. Sillon intertuberculaire; e. Crête du grand tubercule; f. Bord latéral; g. Tubérosité deltoïdienne; h. Fosse radiale; i. Épicondyle latéral; j. Capitulum; k. Trochlée; l. Épicondyle médial; m. Fosse coronoïdienne; n. Trou nourricier; o. Bord médial; p. Crête du petit tubercule; q. Petit tubercule; r. Tête; s. Sillon du nerf radial; t. Fosse olécrânienne; u. Sillon du nerf ulnaire.

g) **Trochlée** : surface articulaire de l'extrémité distale, qui a la forme d'une poulie (trois quarts de cercle) et s'articule avec l'incisure trochléaire de l'ulna.

h) **Capitulum** : surface articulaire saillante et arrondie de l'extrémité distale de l'humérus et de sa face antérieure, située hors de la trochlée. Il s'articule avec la fossette radiale.

i) **Grand tubercule** : volumineuse saillie osseuse qui prolonge vers le haut la face latérale de la diaphyse humérale et se situe près du col anatomique.

j) **Petit tubercule** : saillie de la face antérieure de l'épiphyse proximale, située près du col anatomique.

k) **Fosse olécrânienne** : fosse profonde de la face postérieure de l'épiphyse distale de l'humérus, qui surmonte la trochlée. Elle reçoit l'olécrâne de l'ulna.

l) Fosse coronoïdienne : dépression située au-dessus de la trochlée, sur la face antérieure de l'humérus, elle reçoit le processus coronoïde de l'ulna.

m) Tubérosité deltoïdienne : crête rugueuse en forme de V où s'insère le muscle deltoïde. Elle se situe sur le tiers supérieur et le côté latéral de la diaphyse.

n) Fosse radiale : petite dépression au niveau du capitulum, sur la face antérieure de l'humérus. Elle sert de butée à la tête radiale.

o) Sillon du nerf radial : sillon latéral oblique, orienté vers le bas, sur la face postérieure de la diaphyse humérale. Il livre passage au nerf radial, à l'artère et aux veines profondes du bras.

p) Sillon du nerf ulnaire : sur la face postérieure de l'épicondyle médial, il livre passage au nerf ulnaire.

q) Crête du petit tubercule : prolongement inférieur du petit tubercule, sur lequel le muscle subscapulaire s'insère.

r) Crête du grand tubercule : saillie rugueuse qui délimite, à l'extérieur, le sillon intertuberculaire. Le tendon du grand pectoral s'y insère.

Articulation de l'épaule

L'articulation scapulohumérale est l'articulation de l'épaule qui unit la scapula à l'humérus (Figure 6.2). C'est une articulation synoviale sphéroïde (Norkin et Levangie, 1992). L'articulation scapulohumérale est l'articulation la plus mobile (souple) de toute la machine humaine. Cette articulation est en corrélation avec plusieurs bourses synoviales.

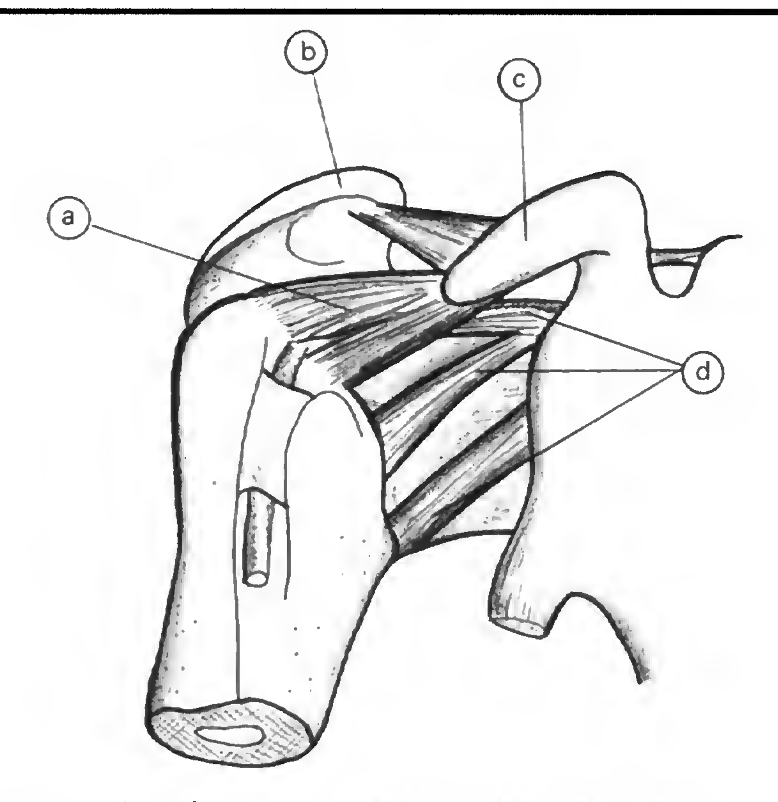
a) Surfaces articulaires : tête humérale, cavité glénoïdale de la scapula (plus petite que la tête humérale) et labrum glénoïdal (entre les deux). Le labrum glénoïdal est un fibrocartilage triangulaire, inséré sur le pourtour de la cavité glénoïdale.

b) Capsule articulaire : elle est très mince et lâche, ce qui permet un écartement des surfaces articulaires de 2 à 3 cm.

c) Ligaments : certains renforcent les faces antérieure et supérieure de la capsule; il s'agit des ligaments glénohuméraux (trois) et du ligament coracohuméral (très résistant). D'autres, les ligaments coracoglénoïdien et l'huméral transverse, sont plus éloignés. Le ligament coracoacromial est une lame fibreuse triangulaire tendue depuis le sommet de l'acromion jusqu'au bord latéral du processus coracoïde; il protége l'articulation par sa localisation. Ce ne sont pas les ligaments qui assurent la stabilité de cette articulation, mais plutôt les muscles périphériques qui l'entourent et la font se mouvoir. La plupart des ligaments de cette articulation sont situés dans sa partie antérosupérieure.

d) Anatomie fonctionnelle : l'épaule est le siège de mouvements de flexion, d'extension, d'abduction, d'adduction et de rotation latérale et médiale. C'est une articulation triaxiale, c'est-à-dire à trois degrés de liberté.

FIGURE 6.2 **Face antérieure de l'articulation scapulohumérale**



a. Ligament coracohuméral ; b. Acromion ; c. Processus coracoïde ; d. Ligaments glénohuméraux (supérieur, moyen et inférieur).

Mouvements de l'épaule

Les mouvements du bras font intervenir un double mécanisme : les mouvements propres à la ceinture scapulaire et les mouvements propres à l'articulation scapulohumérale (Castaing, 1979a).

Les mouvements propres à l'articulation scapulohumérale

L'articulation scapulohumérale est triaxiale, ce qui permet à l'os du bras, l'humérus, d'exécuter n'importe quel mouvement : flexion, extension, abduction, adduction, rotation médiale et rotation latérale (Figure 6.3). L'amplitude des mouvements peut varier suivant l'âge, le sexe et la race. Sans l'intervention de la ceinture scapulaire, divers mouvements sont possibles.

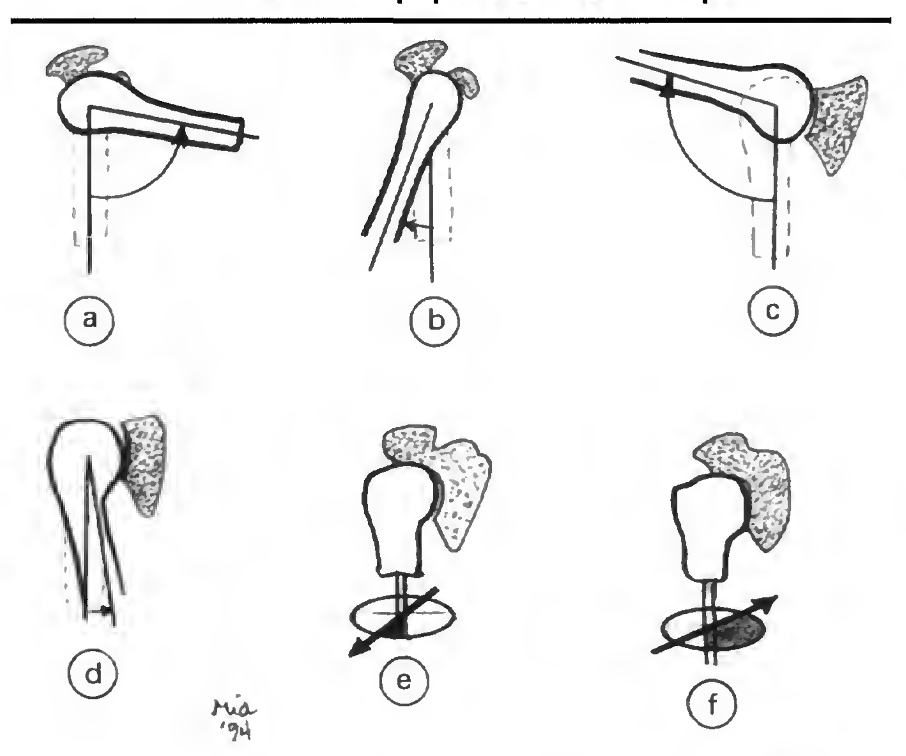
a) **Autour de l'axe transversal** : la flexion ou l'antépulsion porte le bras vers l'avant, jusqu'à un angle d'environ 80° ; l'extension ou la rétropulsion porte le bras vers l'arrière, jusqu'à un angle d'environ 25°.

b) **Autour de l'axe sagittal :** l'abduction permet au bras de s'éloigner de la ligne médiane pour former un angle de 110° ; l'adduction le rapproche de la ligne centrale pour former un angle de 10°. Une adduction plus prononcée n'est possible que si elle est combinée à une flexion ou à une extension, parce que le thorax contrecarre ce mouvement.

c) **Autour de l'axe vertical :** la rotation interne fait décrire au bras un arc de 100° vers l'intérieur ; la rotation externe lui fait décrire un arc de 35° vers l'extérieur. En abduction maximale, l'amplitude des rotations est réduite.

On désigne par flexion horizontale le mouvement par lequel on projette vers l'avant, sur une distance de 90° et parallèlement au sol, les deux membres supérieurs qui au point de départ sont en croix. Le mouvement inverse se nomme extension horizontale. Le déplacement des bras doit s'exécuter dans un plan horizontal, parallèlement au sol. La circumduction est un mouvement de l'articulation de l'épaule, c'est une combinaison de flexion, d'extension, d'abduction et d'adduction.

FIGURE 6.3 **Mouvements propres à l'articulation de l'épaule**



Vue latérale de l'épaule en a et b. a. Flexion ; b. Extension. Vue antérieure de l'épaule en c, d, e et f. c. Abduction ; d. Adduction ; e. Rotation externe ; f. Rotation interne.

Mouvements du bras

Lorsqu'on fait intervenir la ceinture scapulaire, on obtient les amplitudes suivantes :

Flexion : 160° ;

Abduction : 160° ;

Rotation interne : 100° ;

Extension : 40° ;

Adduction : 30° ;

Rotation externe : 50°.

Le Tableau 6.1 expose les relations fondamentales entre les mouvements de la ceinture scapulaire et les mouvements du bras.

Muscles de l'épaule

L'articulation scapulohumérale est sillonnée par neuf muscles qui s'insèrent sur l'humérus (Rash et Burke, 1978 ; Wells, 1971). Sept de ces muscles prennent naissance sur la scapula. Ce sont les muscles deltoïde, supraépineux, infraépineux, grand rond, petit rond, coracobrachial et subscapulaire. La présence de tous ces muscles témoigne de l'importance des muscles fixateurs de la scapula. Les deux autres, le

TABLEAU 6.1 Relations fondamentales entre les mouvements de la ceinture scapulaire et les mouvements du bras

Ceinture scapulaire Bras	Adduction	Abduction	Rotation vers le haut (externe)	Rotation vers le bas (interne)	Élévation
Flexion		X	X (après 60°)*		
Extension	X			X	
Hyperextension					X
Abduction			X (après 60°)*		
Adduction				X	
Rotation médiale		X			
Rotation latérale	X				
Flexion horizontale		X			
Extension horizontale	X				

* Un déplacement de 2° au niveau du bras entraîne un déplacement de 1° au niveau de la scapula. Exemple : une flexion du bras à 90° provoque une rotation de 15°, vers le haut, de la scapula.

grand pectoral et le grand dorsal, ont leur point d'origine sur le squelette axial et n'ont pas d'attache sur la scapula.

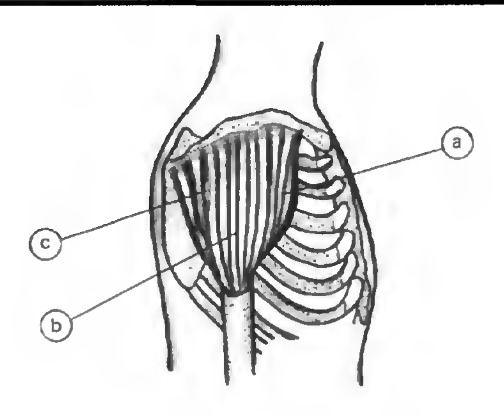
La coiffe des rotateurs comprend les muscles supraépineux, infraépineux, petit rond et subscapulaire. Il serait plus correct de la désigner sous le nom de « coiffe tendineuse » ou « manchon musculotendineux ». La coiffe tendineuse qui maintient en place la tête humérale (surtout grâce au muscle supraépineux) assure la stabilité de l'articulation de l'épaule. La coiffe mesure en moyenne 6 à 7 mm d'épaisseur et, par conséquent, elle est puissante et résistante. Les tendons qui constituent la coiffe sont richement vascularisés. Dans toute sa moitié supérieure, la capsule articulaire se confond avec la coiffe tendineuse.

Deltoïde (*deltoideus*)

Le deltoïde est un muscle complexe, palpable, triangulaire, épais et multipenné (deltoïde moyen), qui donne sa rondeur à l'épaule (Figure 6.4). Puissant, il joue également un rôle important dans la stabilité de l'articulation scapulohumérale. Ce muscle est crucial pour les mouvements de soulèvement. De plus, il est déterminant lorsque la main travaille à une certaine hauteur.

a) **Origine** : face antérieure du tiers latéral de la clavicule, bord externe de l'acromion et lèvre inférieure de l'épine de la scapula.
b) **Terminaison** : tubérosité deltoïdienne (« V » deltoïdien) de l'humérus.
c) **Action** : selon la direction des faisceaux qui le composent, on distingue trois parties à l'intérieur du deltoïde : antérieure, latérale et postérieure. Le deltoïde antérieur (fibres fusiformes) est fléchisseur, fléchisseur horizontal, et il participe à l'abduction et à la rotation interne du bras. Le deltoïde latéral est un puissant abducteur (surtout entre 90° et 180° de la position anatomique), mais aussi un extenseur horizontal. Le deltoïde postérieur (fibres fusiformes) aide à l'extension du bras, à son extension horizontale et à sa rotation latérale.
d) **Innervation** : nerf axillaire.

FIGURE 6.4 **Face externe des deltoïdes antérieur (a), latéral (b) et postérieur (c)**



Supraépineux (*supraspinatus*)

Ce muscle postérieur, impalpable, épais, triangulaire (Figure 6.5), occupe la fosse supraépineuse de la scapula ; il est recouvert par le trapèze 2. Il est important dans les lancers. Par sa tonicité, il maintient la tête humérale dans la cavité glénoïdale.

a) **Origine** : fosse supraépineuse, aux deux tiers médiaux.

b) **Terminaison** : sommet (dessus) du grand tubercule de l'humérus.

c) **Action** : abducteur du bras. Il travaille en synergie avec le muscle deltoïde et il lance les mouvements d'abduction du bras, principalement entre 0° et 30° de la position anatomique.

d) **Innervation** : nerf suprascapulaire.

Infraépineux (*infraspinatus*)

Muscle large, triangulaire, postérieur, palpable et multipenné de l'épaule (Figure 6.6). Par sa tonicité, il maintient la tête humérale contre la cavité glénoïdale. Il fusionne fréquemment avec le muscle petit rond.

a) **Origine** : fosse infraépineuse, dans la scapula.

b) **Terminaison** : grand tubercule, dans sa partie postérieure.

c) **Action** : rotateur latéral et extenseur horizontal.

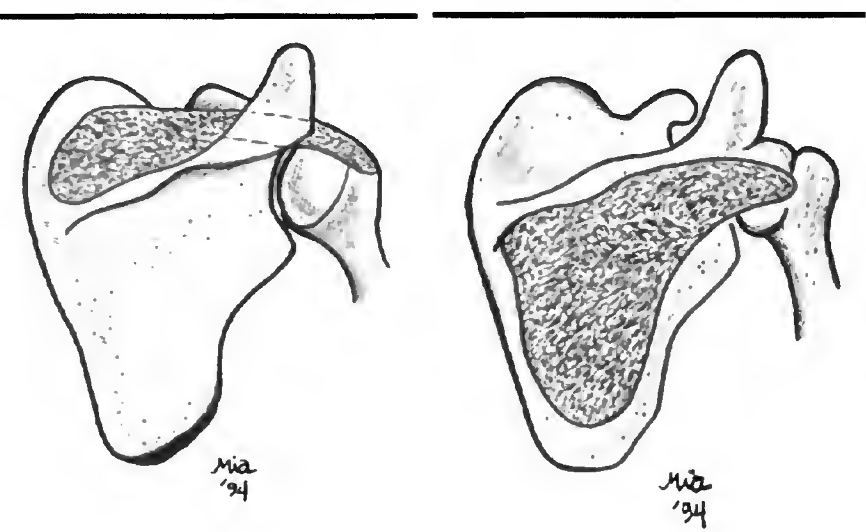
d) **Innervation** : nerf suprascapulaire.

Grand rond (*teres major*)

Muscle épais, postérieur, palpable et quadrangulaire de l'épaule (Figure 6.7), qui fusionne parfois avec le muscle grand dorsal. Certains individus en sont dépourvus.

FIGURE 6.5 **Face postérieure du muscle supraépineux**

FIGURE 6.6 **Face postérieure du muscle infraépineux**



a) **Origine** : angle inférieur de la scapula.

b) **Terminaison** : lèvre médiale du sillon intertuberculaire.

c) **Action** : extenseur, adducteur, rotateur médial du bras; aide aussi à l'extension horizontale. Ses fonctions s'apparentent à celles du grand dorsal.

d) **Innervation** : nerf subscapulaire inférieur.

Petit rond (*teres minor*)

Muscle aplati, postérieur, palpable et allongé de l'épaule (Figure 6.8), qui maintient la tête humérale et fusionne dans certains cas avec le muscle infraépineux.

a) **Origine** : tiers moyen de la face postérieure du bord latéral de la scapula.

b) **Terminaison** : surface inféropostérieure du grand tubercule.

c) **Action** : rotateur externe et extenseur horizontal.

d) **Innervation** : nerf axillaire.

Coracobrachial (*coracobrachialis*)

Petit muscle antérieur et impalpable de la face antéro-interne du bras (Figure 6.9); il est situé sous le deltoïde et le grand pectoral. Il stabilise l'articulation de l'épaule.

a) **Origine** : processus coracoïde de la scapula.

b) **Terminaison** : face interne du tiers supérieur de l'humérus, à peu près au même niveau que l'attache du deltoïde sur la tubérosité deltoïdienne.

c) **Action** : indispensable à la flexion horizontale et utile à la flexion du bras.

d) **Innervation** : nerf musculocutané.

FIGURE 6.7 **Face postérieure du muscle grand rond**

FIGURE 6.8 **Face postérieure du muscle petit rond**

Subscapulaire (*subscapularis*)

Muscle triangulaire, antérieur, impalpable, et multipenné de la fosse subscapulaire (Figure 6.10), il joue un rôle important dans la prévention de la luxation de l'épaule. Il maintient la tête de l'humérus dans la cavité glénoïdale.

a) **Origine** : plus grande partie de la fosse subscapulaire de la scapula.

b) **Terminaison** : petit tubercule de l'humérus (en passant entre le bras et le thorax).

c) **Action** : rotateur interne.

d) **Innervation** : nerf subscapulaire.

Grand pectoral (*pectoralis major*)

Muscle épais, antérieur, palpable, triangulaire et multipenné, il participe à la formation de la partie antérieure du creux de l'aisselle (Figure 6.11) et couvre le muscle petit pectoral. Ce muscle puissant joue un rôle important dans les lancers, les services au tennis, les frappes et les poussées.

a) **Origine** : face antérieure de la moitié médiale de la clavicule, sternum et cartilages costaux des six premières côtes.

b) **Terminaison** : lèvre latérale du sillon intertuberculaire sous le grand tubercule, par le moyen d'un tendon large de 7 à 8 cm.

c) **Action** : on y distingue deux parties (claviculaire et sternocostale), selon la direction des faisceaux qui le composent. La partie claviculaire sert à la flexion du bras et à la flexion horizontale du bras. Il aide aussi à la rotation médiale. La partie sternocostale permet l'extension, l'adduction du bras et la flexion

FIGURE 6.9 Face antérieure du muscle coracobrachial

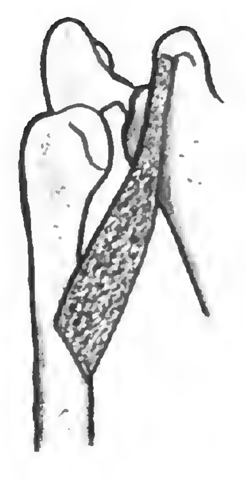
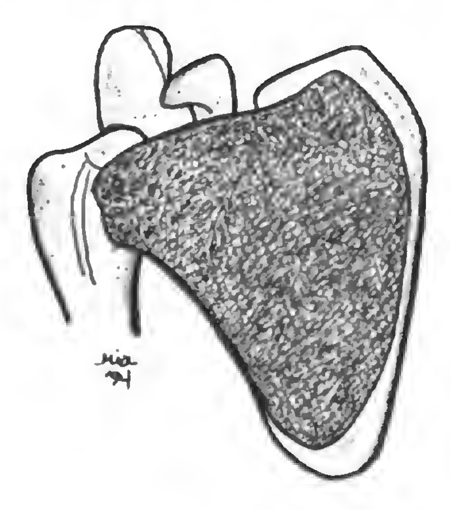


FIGURE 6.10 Face antérieure du muscle subscapulaire



horizontale du bras. Elle aide aussi à la rotation médiale du bras. Les deux chefs du muscle grand pectoral se contractent ensemble si on place les mains sur les hanches en les serrant.

d) **Innervation** : nerf pectoral latéral et, accessoirement, nerf pectoral médial.

Grand dorsal (*latissimus dorsi*)

Le grand dorsal est un muscle postérieur, palpable et superficiel qui couvre, avec le trapèze, une grande partie de la surface du dos (Figure 6.12). Il compte parmi les plus grands muscles plats du corps humain. Avec le grand rond, il forme la partie postérieure du creux de l'aisselle. C'est le muscle qui sert à grimper, à lancer et à frapper. Il est aussi sollicité en natation, alpinisme, canotage, tir à l'arc et gymnastique.

a) **Origine** : sur les processus épineux des six dernières vertèbres dorsales, sur toutes les vertèbres lombales, sur l'arrière du sacrum et sur le tiers postérieur de la lèvre externe de la crête coxale par le moyen d'une lame tendineuse.

b) **Terminaison** : fond du sillon intertuberculaire de la face antérieure de l'humérus.

c) **Action** : extenseur et adducteur du bras. Il aide à la rotation interne et à l'extension horizontale.

d) **Innervation** : nerf thoracodorsal.

Le Tableau 6.2 propose un résumé des mouvements et des muscles de l'articulation de l'épaule. Les Figures 6.13 et 6.14 illustrent l'ensemble des muscles qui agissent sur l'épaule.

FIGURE 6.11 **Parties du muscle grand pectoral**

a. Partie claviculaire ; b. Partie sternocostale.

FIGURE 6.12 **Face postérieure du muscle grand dorsal**

TABLEAU 6.2

Muscles et mouvements de l'épaule

Mouvements (muscles)	**Flexion**	**Extension**	**Abduction**	**Adduction**	**Rotation médiale**	**Rotation latérale**	**Flexion horizontale**	**Extension horizontale**
Deltoïde antérieur (*deltoideus anterior*)	P		A		A		P	
Deltoïde latéral (*deltoideus medialis*)			P					P
Deltoïde postérieur (*deltoideus posterior*)		A				A		P
Supraépineux (*supraspinotus*)			P					
Grand pectoral (partie claviculaire) (*pectoralis major*)	P				A		P	
Grand pectoral (partie sternocostale) (*pectoralis major*)		P		P	A		P	
Coracobrachial (*coracobrachialis*)	A						P	
Subscapulaire (*subscapularis*)					P			
Grand dorsal (*latissimus dorsi*)		P		P	A			A
Grand rond (*teres major*)		P		P	P			A
Infraépineux (*infraspinatus*)						P		P
Petit rond (*teres minor*)						P		P

P : muscle principal

A : muscle auxiliaire

FIGURE 6.13 Muscles antérieurs et superficiels de l'épaule

FIGURE 6.14 Muscles postérieurs superficiels (à gauche) et profonds (à droite) de l'épaule

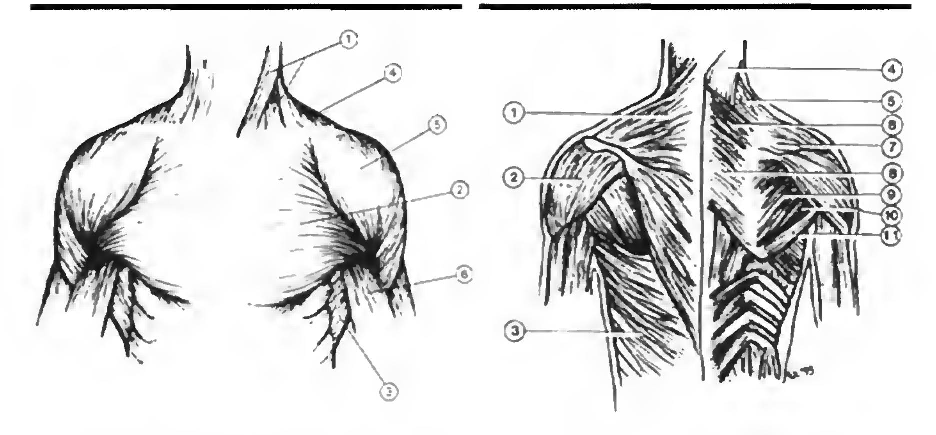


Figure 6.13 : 1. Sternocléidomastoïdien ; 2. Grand pectoral ; 3. Grand dorsal ; 4. Trapèze ; 5. Deltoïde ; 6. Biceps brachial.

Figure 6.14 : 1. Trapèze ; 2. Deltoïde ; 3. Grand dorsal ; 4. Splénius de la tête ; 5. Élévateur de la scapula ; 6. Petit rhomboïde ; 7. Supraépineux ; 8. Grand rhomboïde ; 9. Infraépineux ; 10. Petit rond ; 11. Grand rond.

Lésions de la région de l'épaule

1. Fractures

A. Fracture de l'humérus (épiphyse proximale)

La fracture de l'extrémité supérieure du bras survient lors d'une chute sur le bras en extension, ou d'un coup direct porté contre l'épaule dans les sports de contact, en ski alpin, en équitation, etc.

B. Fracture de l'humérus (diaphyse)

Une fracture du milieu de l'humérus peut toucher les cavaliers, les lutteurs, etc. La fracture ouverte est relativement fréquente et il arrive que le nerf radial soit atteint par un fragment osseux. La moitié des fractures de l'humérus touchent la diaphyse.

C. Fracture de l'humérus (épiphyse distale)

L'enfant est souvent victime de fracture de l'extrémité inférieure de l'humérus, à la suite de traumatismes causés par hyperflexion et consécutifs à une chute de cheval, de bicyclette ou d'appareils de gymnastique.

2. Luxation

Luxation de l'articulation de l'épaule

La luxation de l'articulation de l'épaule est une lésion relativement commune au hockey sur glace, au handball, au soccer, en équitation, en ski alpin, en patinage de vitesse et à la lutte.

Quand un sportif tombe, se lève ou se tourne, il porte instinctivement le bras vers l'extérieur pour se protéger le corps. Lorsque le bras amortit le choc d'une chute, une luxation peut survenir. L'articulation de l'épaule peut être luxée, c'est-à-dire déportée hors de l'articulation, dans le cas d'une chute sur l'épaule.

La luxation vers l'avant et le bas est fréquente et tend à se répéter. La luxation vers l'arrière est peu courante et parfois difficile à diagnostiquer. L'épaule est l'articulation la plus exposée aux luxations traumatiques (50 % de toutes les luxations, selon certains auteurs).

3. Tendinites

A. 1 Tendon du muscle supraépineux

L'inflammation du tendon du muscle supraépineux est une lésion d'usure, fréquente dans les sports de contact; y sont également sujets les lanceurs, les haltérophiles, les habitués de sports de raquettes, les lutteurs, les gymnastes, les golfeurs, etc.

Les causes de cette inflammation sont multiples : effort de longue durée et répété des muscles de l'épaule par le port du bras à hauteur de l'épaule ou au-dessus; rotations répétées de l'avant-bras vers l'extérieur; guérison incomplète après une rupture du tendon du muscle supraépineux.

A.2 Rupture du tendon du muscle supraépineux

La rupture du tendon du muscle supraépineux est une blessure typique surtout des sportifs âgés qui, après une longue période d'inactivité, reprennent l'entraînement et la compétition dans des spécialités comme le hand-ball, le football, le tennis, le badminton, les lancers pratiqués en athlétisme et le ski. Les causes d'une rupture sont : un traumatisme qui porte le bras en rotation interne devant une résistance, ou qui empêche le bras de s'engager en rotation externe, par exemple au hand-ball ou à la lutte; une chute directe sur l'épaule ou le bras en extension; un arraché ou un jeté.

B. Tendon du muscle subscapulaire

Le muscle subscapulaire est le plus important des muscles rotateurs internes. Son tendon peut être l'objet d'une rupture totale ou partielle. La rupture partielle guérit avec inflammation. La rupture totale est rare, mais survient en corrélation avec une luxation de l'articulation de l'épaule.

Les lésions et les inflammations du tendon du muscle subscapulaire frappent surtout les lanceurs. On diagnostique ce type de tendinite chez les lanceurs de javelot, les joueurs de hand-ball et les gardiens de but des sports d'équipe. Les lancers typiquement exécutés, entre autres, par les lanceurs de javelot, les joueurs de hand-ball et les gardiens de sports d'équipe, le service et le smash au tennis, sans oublier le smash au volley-ball, sollicitent ce tendon.

C.1 Tendon du muscle grand pectoral

L'insertion du muscle grand pectoral sur l'humérus peut être le lieu d'une inflammation. La lésion du tendon touche surtout les gymnastes, les habitués de tennis, de badminton, de squash et de golf, les rameurs, les haltérophiles et les lanceurs. Un entraînement de la musculature avec des charges trop lourdes peut en être la cause.

C.2 Rupture du muscle grand pectoral

Soumis à une forte charge, le muscle grand pectoral peut se rompre et une rupture totale peut s'ensuivre (surtout à l'entraînement sur le banc de presse, dans les levers en force et la pratique d'autres sports comme la lutte, le lancement du poids, du disque et du javelot, etc.). Il est fréquent que soit lésée l'insertion du muscle sur l'humérus.

D. Rupture et inflammation du muscle deltoïde

Une rupture du muscle deltoïde frappe, mais rarement, les joueurs de handball, les haltérophiles, les lutteurs, etc. Le muscle est souvent blessé à la suite d'un traumatisme direct, mais il peut également être lésé par le fait d'une surcharge. La rupture du muscle deltoïde est circonscrite à une petite partie du muscle ; celui qui en est atteint éprouve des difficultés à lever le bras en abduction, dans le plan frontal, à partir de la position anatomique.

4. Bursite

Bourse subacromiale

Une bourse synoviale est logée dans l'épaule, entre l'acromion et la coiffe des rotateurs (en particulier le tendon du muscle supraépineux). En état de gonflement, elle peut prendre la taille d'une balle de golf. Les inflammations de cette bourse synoviale sont fréquentes.

Une rupture du tendon du muscle supraépineux, une chute ou un choc sur l'épaule peuvent provoquer une hémorragie dans la bourse synoviale qui sera ainsi enflammée. Des mouvements unilatéraux répétés peuvent entraîner une inflammation de la bourse synoviale et causer des douleurs aux faces antérieure et supérieure de l'épaule.

Le saviez-vous ?

1. En flexion ou en abduction, on peut porter le bras à 160° de la position anatomique. Les 10° ou 20° manquant pour former un angle de 180° sont dévolus à l'inclinaison du tronc, comme on peut le constater en observant l'exécution de certains exercices de gymnastique sportive.
2. Le triangle d'auscultation est dégagé par les muscles trapèze et grand dorsal. L'auscultation pulmonaire se pratique à cet endroit.

3. La lésion du nerf axillaire, qui paralyse le muscle deltoïde, empêche une abduction à 30°.
4. Lorsqu'il y a paralysie du muscle subscapulaire, le membre supérieur se place en rotation externe maximale (ce fait témoigne du rôle important que joue le muscle subscapulaire comme rotateur interne).

CHAPITRE 7

Coude et avant-bras

Os de l'avant-bras

L'articulation du membre supérieur intermédiaire, entre le bras et l'avant-bras, forme le coude. En état d'extension, le coude décrit un angle obtus dont l'ouverture extérieure est de 165° à 170°; ce qu'on appelle le « valgus ulnaire » physiologique (angle de charge). Lorsque le coude est fléchi, cet angle disparaît et l'avant-bras est parallèle au bras.

L'avant-bras est un segment intermédiaire du membre supérieur, compris entre les articulations du coude et du poignet. Il se compose de deux os : le radius et l'ulna (Kahle, Leonhard et Platzer, 1988).

Radius

Le radius est l'os latéral de l'avant-bras (Figure 7.1). Il est moins long que l'ulna et plus large à la base qu'au sommet. Le sommet de cet os long s'articule avec l'humérus; sa base s'articule avec le carpe et sa face médiale s'articule, à son sommet et à sa base, avec l'ulna. Il comporte une épiphyse proximale constituée : d'une tête articulaire, d'un col et d'une tubérosité; d'un corps triangulaire à trois faces (antérieure, postérieure et latérale) et trois bords (antérieur, postérieur et interosseux); d'une épiphyse distale volumineuse dont la face médiale porte l'incisure ulnaire, dont la face inférieure forme la surface articulaire carpienne, dont la face latérale se prolonge dans le processus styloïde et dont la face postérieure constitue le tubercule dorsal.

Voici les différentes parties du radius.

a) **Fossette radiale** : face supérieure excavée de la tête radiale. Elle s'articule avec le capitulum de l'humérus.

b) **Tête du radius** : portion articulaire de l'extrémité proximale.

c) **Col** : portion rétrécie et cylindrique de l'extrémité proximale, sise entre la tête et le corps radial.

d) **Tubérosité** : saillie osseuse ovoïde, située à la jonction du corps et du col. Le tendon du biceps brachial s'y insère.

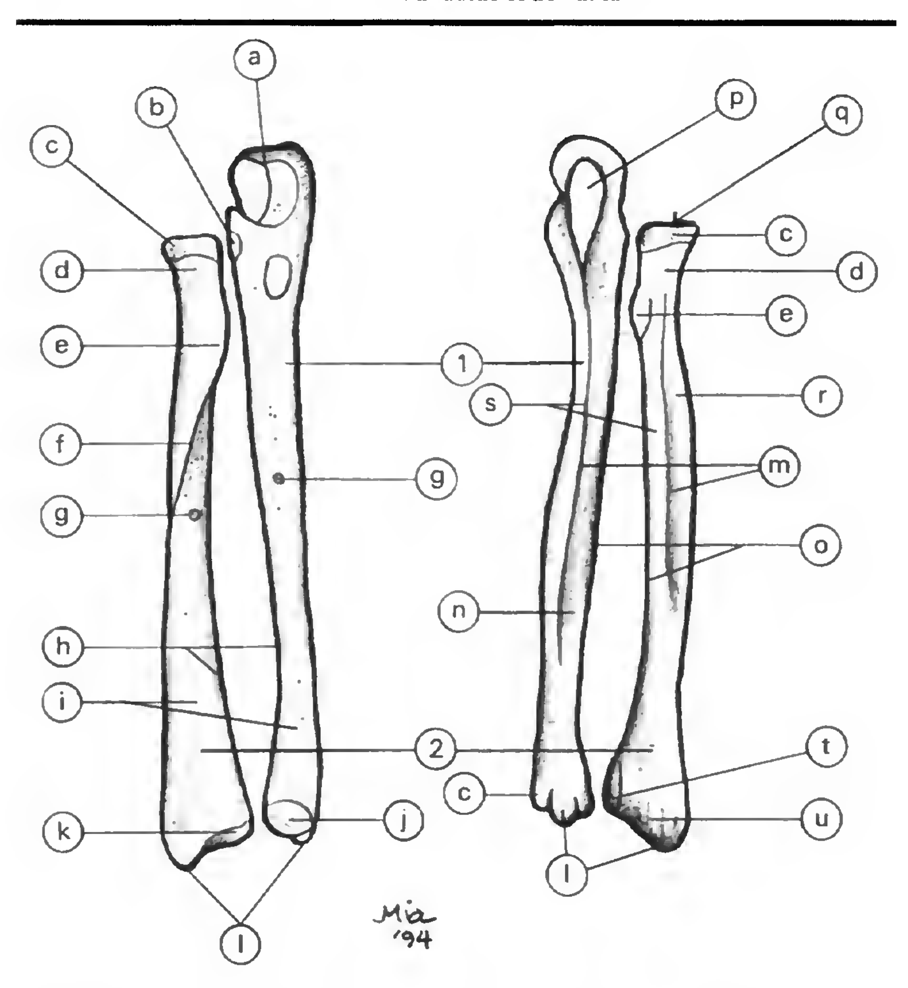
e) **Surface articulaire carpienne** : face articulaire inférieure de l'extrémité distale. Elle s'articule avec le scaphoïde et le lunatum (deux os de la première rangée du carpe).

f) **Processus styloïde :** saillie osseuse pyramidale qui prolonge, à la base, la face latérale de l'extrémité distale. Cette saillie osseuse est ronde et pointue. Le processus styloïde du radius dépasse d'environ 1 cm le processus styloïde de l'ulna.

g) **Tubercule dorsal :** saillie de la face postérieure de l'épiphyse distale.

h) **Incisure ulnaire :** cavité articulaire de la face médiale de l'extrémité distale. Elle s'articule avec la tête de l'ulna.

FIGURE 7.1 **Faces antérieure (à gauche) et postérieure (à droite) du radius et de l'ulna**



1. Ulna ; 2. Radius ; a. Processus anconé ; b. Incisure radiale ; c. Tête ; d. Col ; e. Tubérosité ; f. Bord antérieur ; g. Trous nourriciers ; h. Bords interosseux ; i. Faces antérieures ; j. Circonférence articulaire de l'ulna ; k. Surface articulaire carpienne ; l. Processus styloïdes ; m. Bords antérieurs ; n. Tubérosité ulnaire ; o. Processus coronoïde ; p. Incisure trochléaire ; q. Olécrâne ; r. Face latérale ; s. Faces postérieures ; t. Incisure ulnaire ; u. Tubercule dorsal.

Ulna

L'ulna est l'os médial de l'avant-bras (Figure 7.1). Cet os long s'articule à son sommet avec l'humérus, à sa base avec le carpe en bas et latéralement avec le radius. Il présente une épiphyse proximale volumineuse, constituée de deux processus (l'anconé et le coronoïde) qui circonscrivent une grande excavation articulaire, l'incisure trochléaire; un corps triangulaire, arrondi dans sa partie inférieure, doté de trois faces (antérieure, médiale et postérieure) et de trois bords (antérieur, postérieur et interosseux); une épiphyse distale (tête de l'ulna) composée de la circonférence articulaire de l'ulna et d'un processus styloïde.

Voici les différentes parties de l'ulna.

a) **Incisure trochléaire** : grande échancrure articulaire concave sur la face antérieure de l'ulna, située au niveau de l'épiphyse proximale. Elle s'articule avec la trochlée humérale.

b) **Incisure radiale** : facette articulaire concave de la face latérale du processus coronoïde. Elle s'articule avec la circonférence articulaire de la tête radiale.

c) **Circonférence articulaire** : surface articulaire convexe de la face latérale de la tête. Elle répond à l'incisure ulnaire du radius pour former l'articulation radio-ulnaire distale.

d) **Processus styloïde** : saillie osseuse de l'extrémité distale.

e) **Processus anconé** : prolongement supéroantérieur de l'olécrâne qui surplombe l'incisure trochléaire.

f) **Processus coronoïde** : saillie osseuse pyramidale dont la base se fixe sur la face antérieure de l'extrémité supérieure.

g) **Tubérosité** : saillie osseuse irrégulière, située sous le processus coronoïde et sur la face antérieure de l'ulna. Le tendon du muscle brachial s'y insère.

h) **Tête** : extrémité distale. Elle présente une saillie osseuse, le processus styloïde et une surface articulaire.

i) **Olécrâne** : saillie osseuse sur la partie supériopostérieure de l'ulna. C'est le volumineux processus que l'on palpe à l'arrière de l'articulation du coude.

La membrane interosseuse antébrachiale est une membrane fibreuse qui occupe l'espace interosseux séparant l'ulna et le radius et qui se fixe sur leurs bords interosseux. La fonction principale de la membrane interosseuse est d'augmenter la surface d'insertion des muscles de l'avant-bras. La corde oblique est une bandelette fibreuse oblique qui unit les deux os de l'avant-bras. Elle a déjà porté le nom de corde oblique de Weitbrecht et ses fibres sont orientées dans une direction opposée à celles de la membrane interosseuse antébrachiale. Dans sa partie proximale, elle contribue puissamment au maintien des rapports entre les deux os de l'avant-bras.

Articulation du coude

L'articulation du coude est une articulation synoviale qui unit l'extrémité distale de l'humérus aux extrémités proximales de l'ulna et du radius. Complexe, elle se subdivise en trois articulations : l'articulation huméro-ulnaire, l'articulation huméroradiale et l'articulation radio-ulnaire proximale. Le coude est pourvu de puissants ligaments latéraux (Norkin et Levangie, 1992).

Articulation huméro-ulnaire

Ginglyme (trochléenne) qui met en présence la trochlée humérale et l'incisure trochléaire de l'ulna (Figure 7.2).

a) Surfaces articulaires : trochlée humérale, fosse olécrânienne, fosse coronoïdienne et incisure trochléaire.

b) Capsule articulaire : mince et faible, à l'avant et à l'arrière.

c) Ligaments : le ligament collatéral ulnaire est formé de quatre faisceaux (antérieur, moyen [très résistant], postérieur et arciforme). Le ligament collatéral radial, ligament de la face latérale de l'articulation huméro-ulnaire, est constitué de trois faisceaux (antérieur, moyen et postérieur). Les ligaments postérieur et antérieur renforcent la capsule articulaire.

d) Anatomie fonctionnelle : cette articulation se prête à des mouvements de flexion et d'extension.

Articulation huméroradiale

Ellipsoïde qui met en présence le capitulum de l'humérus et la fossette radiale (Figure 7.2).

a) Surfaces articulaires : capitulum de l'humérus et fossette radiale.

b) Capsule articulaire : mince et faible à l'avant et à l'arrière.

c) Ligaments : les ligaments en provenance de l'humérus ne se fixent pas directement sur le radius, mais plutôt sur le ligament annulaire qui encercle la tête et la circonférence radiales.

d) Anatomie fonctionnelle : cette articulation permet des mouvements de flexion, d'extension, de pronation et de supination.

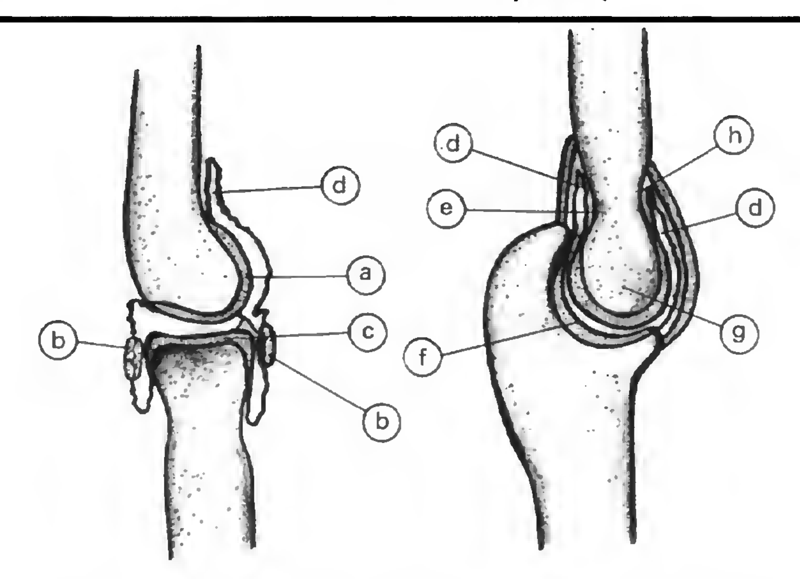
Articulation radio-ulnaire proximale

Trochoïde qui met en présence la circonférence articulaire de la tête radiale et l'incisure radiale de l'ulna (Figure 7.3).

a) Surfaces articulaires : circonférence articulaire de la tête radiale, incisure radiale de l'ulna et ligament annulaire.

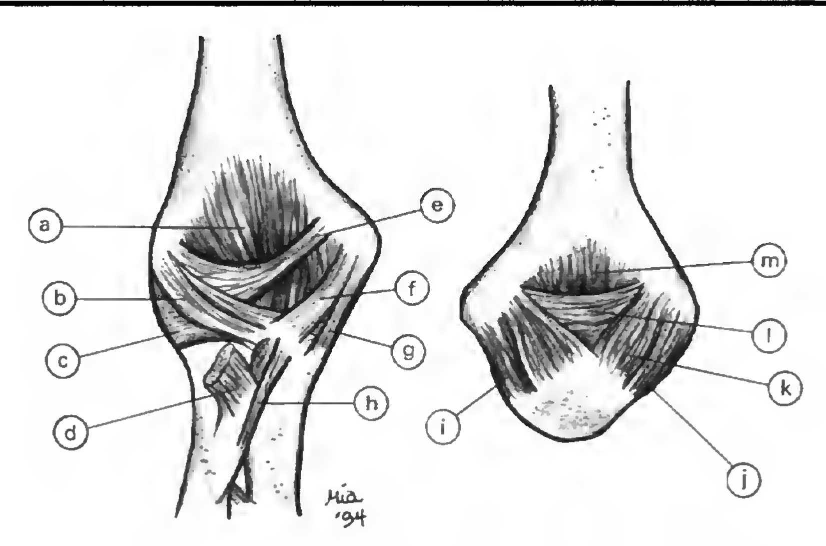
b) Capsule articulaire : mince et faible à l'avant et à l'arrière.

FIGURE 7.2 **Articulations huméroradiale (à gauche) et huméro-ulnaire (à droite)**



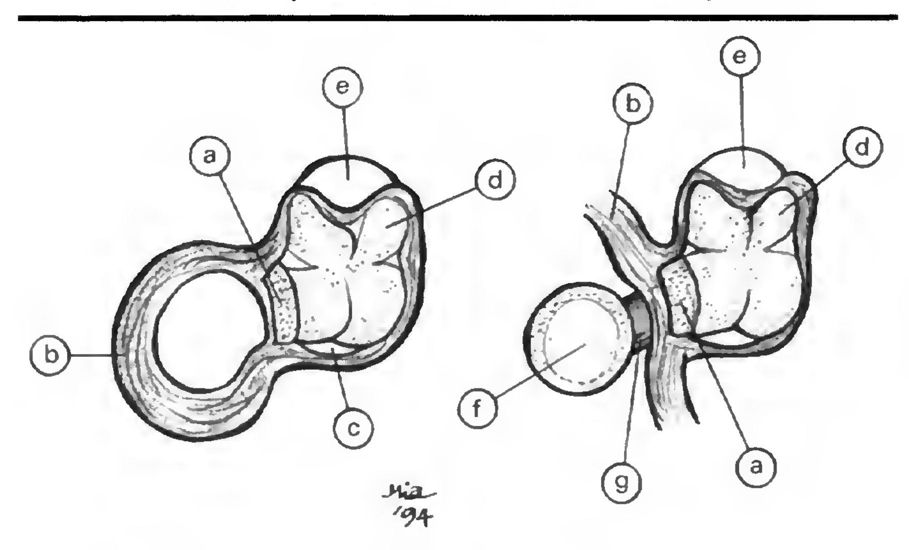
a. Capitulum ; b. Ligament annulaire du radius ; c. Fossette radiale ; d. Cul-de-sac synovial ; e. Fosse olécrânienne ; f. Incisure trochléaire de l'ulna ; g. Trochlée humérale ; h. Fosse coronoïdienne.

FIGURE 7.2 (suite) **Articulation du coude : faces antérieure (à gauche) et postérieure (à droite)**



a. Capsule articulaire ; b. Ligament collatéral radial (faisceau antérieur) ; c. Ligament annulaire du radius ; d. Tendon du muscle biceps ; e. Ligament antérieur ; f. Ligament collatéral ulnaire (faisceau antérieur) ; g. Ligament collatéral ulnaire (faisceau moyen) ; h. Corde oblique ; i. Ligament collatéral ulnaire (faisceau postérieur) ; j. Ligament collatéral radial (faisceau postérieur) ; k. Ligament postérieur (faisceau oblique) ; l. Ligament postérieur (faisceau transversal) ; m. Capsule articulaire.

FIGURE 7.3 **Face supérieure de l'articulation radio-ulnaire proximale**



a. Incisure radiale ; b. Ligament annulaire ; c. Processus coronoïde ; d. Incisure trochléaire ; e. Olécrâne ; f. Fossette radiale ; g. Ligament carré.

c) **Ligaments** : elle est munie de deux ligaments, l'annulaire et le carré. Tendu entre les bords antérieur et postérieur de l'incisure radiale, le ligament annulaire encercle la tête du radius. Sa face médiale est recouverte de cartilage. Le ligament carré est tendu entre le col du radius et le bord inférieur de l'incisure radiale, et disposé horizontalement entre leurs deux surfaces. Ce ligament renforce la capsule dans sa partie inférieure.

d) **Anatomie fonctionnelle** : cette articulation permet des mouvements de pronation et de supination.

Articulations de l'avant-bras

L'avant-bras comporte deux articulations importantes : l'articulation radio-ulnaire proximale et l'articulation radio-ulnaire distale.

Articulation radio-ulnaire proximale

Cette articulation a déjà fait l'objet d'une description dans la section réservée au coude.

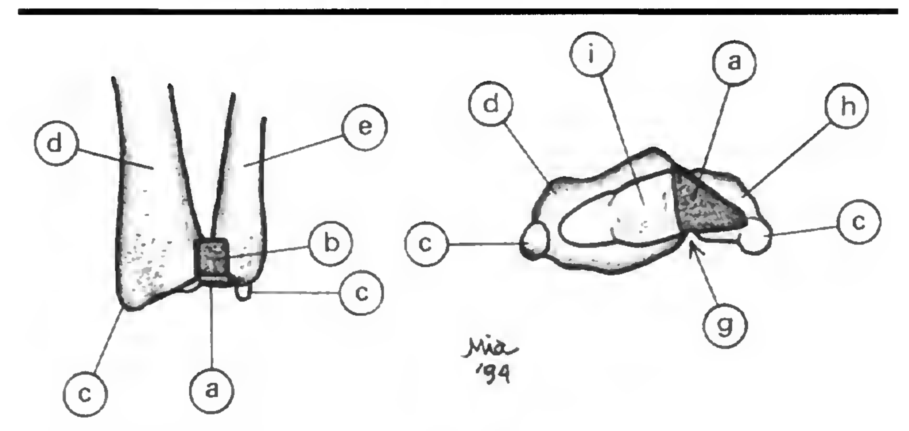
Articulation radio-ulnaire distale

Articulation trochoïde qui unit les épiphyses distales du radius et de l'ulna (Figure 7.4).

a) **Surfaces articulaires** : circonférence articulaire de la tête de l'ulna, incisure ulnaire du radius et disque articulaire.

b) **Capsule articulaire** : la membrane synoviale, souple et ample, forme un cul-de-sac au-dessus de la tête ulnaire. Sa cavité synoviale communique souvent (40 % des cas) avec celle de l'articulation radiocarpienne.

FIGURE 7.4 **Faces antérieure (à gauche) et inférieure (à droite) de l'articulation radio-ulnaire distale**



a. Disque articulaire; b. Capsule; c. Processus styloïdes; d. Radius; e. Ulna; f. Surface articulaire radiale du scaphoïde; g. Incisure radiale; h. Tête de l'ulna; i. Surface articulaire radiale du lunatum.

c) **Ligaments** : radio-ulnaire antérieur, postérieur et disque articulaire. Le disque articulaire est un ligament triangulaire. Son sommet s'insère sur la face latérale du processus styloïde et sa base, sur l'incisure ulnaire. Disposé horizontalement, il est encroûté de cartilage et sépare les articulations radio-ulnaire distale et radiocarpienne.

d) **Anatomie** fonctionnelle : cette articulation permet des mouvements de pronation et de supination.

Mouvements du coude et de l'avant-bras

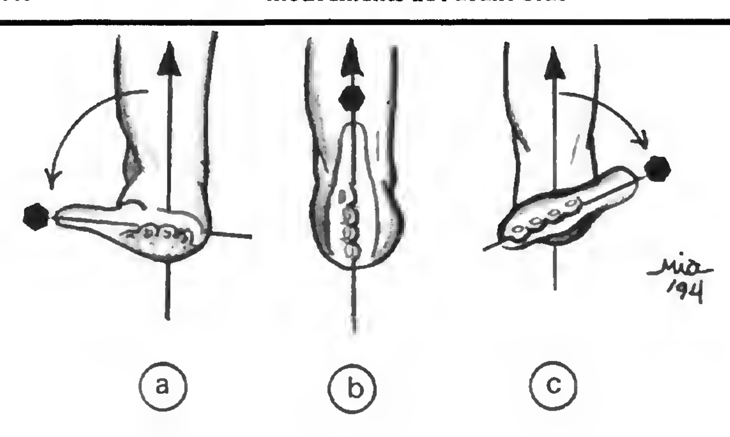
Mouvements du coude

Les seuls mouvements de flexion et d'extension possibles à ce niveau se font à la fois à l'articulation huméro-ulnaire et à l'articulation huméroradiale. C'est l'articulation huméro-ulnaire qui joue ici le rôle essentiel, car c'est d'elle que dépendent la direction et l'amplitude des mouvements. L'amplitude totale du mouvement de flexion-extension du coude est habituellement de l'ordre de 140°. On peut toutefois observer des cas chez les enfants où, pour cause d'hyperextension du coude, le mouvement dépasse les 150°. Ce phénomène est aussi très fréquent chez les femmes puisque chez elles l'olécrâne pénètre plus profondément dans la fosse olécrânienne (Castaing, 1979b; Vandervael, 1966).

Mouvements de l'avant-bras

La pronation et la supination sont responsables de l'ensemble des mouvements de rotation de l'avant-bras autour de son axe longitudinal (Figure 7.5). Considérons d'abord la position zéro fonctionnelle (position moyenne, main en demi-pronation), position dans laquelle le coude est collé au tronc, l'avant-bras fléchi à 90°, le poignet

FIGURE 7.5 **Mouvements de l'avant-bras**



a. Supination ; b. Position zéro ; c. Pronation.

en extension, le pouce dirigé vers le haut et la paume de la main orientée vers l'intérieur. À partir de cette position, la supination est le mouvement de rotation axiale de l'avant-bras qui amène le pouce à l'extérieur, la paume de la main tournée vers le haut. Tandis que la pronation est le mouvement de rotation axiale de l'avant-bras qui amène le pouce à l'intérieur, la paume de la main tournée vers bas.

L'amplitude de la pronation-supination varie suivant les individus et elle est fonction de l'âge, de la race et du sexe. Ainsi, est-elle en général plus grande chez la femme que chez l'homme. On peut considérer comme normales des amplitudes de 80° à 90° pour la supination et de 50° à 80° pour la pronation. L'amplitude globale moyenne de pronation-supination est de 150°, si l'on considère uniquement les mouvements de l'avant-bras. La flexion maximale s'effectue en position de supination.

L'amplitude de la pronation-supination peut être considérablement augmentée par des mouvements associés à l'épaule. S'il y a extension du coude, le bras pendant le long du corps, des mouvements de rotation de l'humérus et de la scapula en association avec ceux de l'avant-bras permettent une pronation-supination d'une amplitude globale d'environ 270°. Si la flexion du coude est de 90°, les mouvements d'abduction et d'adduction du bras peuvent permettre de suppléer à une insuffisance de pronation et de supination. Pour manger avec des ustensiles, on recourt aux mouvements de pronation-supination.

La force des muscles est fonction de la position de l'avant-bras. On a calculé, par exemple, la force isométrique (tensiomètre) de l'avant-bras, fléchi à 90°, dans trois positions différentes (Rash et Burke, 1978).

Position	Moyenne	Écart type
Supination	19,59 kg	3,8 kg
Position moyenne	21,68 kg	4,03 kg
Pronation	12,47 kg	1,9 kg

Muscles du coude et de l'avant-bras

Les trois muscles antérieurs du bras (biceps brachial, brachial et brachioradial) permettent la flexion de l'avant-bras. Deux muscles, le triceps brachial et l'anconé, entrent en action pour étendre l'avant-bras. Les muscles de la pronation-supination sont le rond pronateur, le carré pronateur, le supinateur et le biceps brachial. Les muscles les plus puissants qui agissent sur l'articulation du coude se trouvent sur le bras. Cependant, plusieurs autres muscles, dont le corps se situe sur l'avant-bras, les secondent dans cette tâche. Le développement et la puissance des muscles fléchisseurs l'emportent notablement sur ceux des extenseurs (les premiers sont en effet une fois et demie plus puissants que les seconds). Les muscles supinateurs sont plus développés que les pronateurs. Il est vrai que les mouvements rotatoires les plus importants de l'avant-bras sont des mouvements de supination (par exemple, l'action de visser, etc.) (Rasch et Burke, 1978; Wells, 1971).

Biceps brachial (*biceps brachialis*)

Muscle fusiforme et épais (Figure 7.6) de la région antérieure du bras, tendu de la scapula au radius. Il est constitué de deux chefs : l'un long et l'autre court. C'est un muscle biarticulaire, palpable, et un muscle de vitesse (levier du troisième genre).

a) **Origine** : le chef long se dégage du sommet de la cavité glénoïdale de la scapula par un tendon. Le tendon pénètre dans l'articulation de l'épaule, contourne la tête humérale et, entouré d'une gaine synoviale, descend dans le sillon intertuberculaire. Le chef court prend naissance, par un court tendon, au sommet du processus coracoïde de la scapula. C'est un muscle faible de l'épaule.

b) **Terminaison** : moitié postérieure de la tubérosité du radius.

c) **Action** : fléchisseur de vitesse de l'avant-bras sur le bras, il participe aussi à la supination, si l'avant-bras est en pronation. C'est le muscle fléchisseur du coude le plus puissant. Il déploie sa puissance maximale lorsque le coude est en supination.

d) **Innervation** : deux rameaux du nerf musculocutané.

Brachial (*brachialis*)

Muscle large et épais, caché derrière le biceps brachial (Figure 7.7). Il est situé sur la face antérieure et inférieure de l'humérus qu'il relie à l'ulna. C'est un muscle uniarticulaire, levier de troisième genre, palpable, seul vrai fléchisseur du coude puisque l'ulna est incapable de rotation.

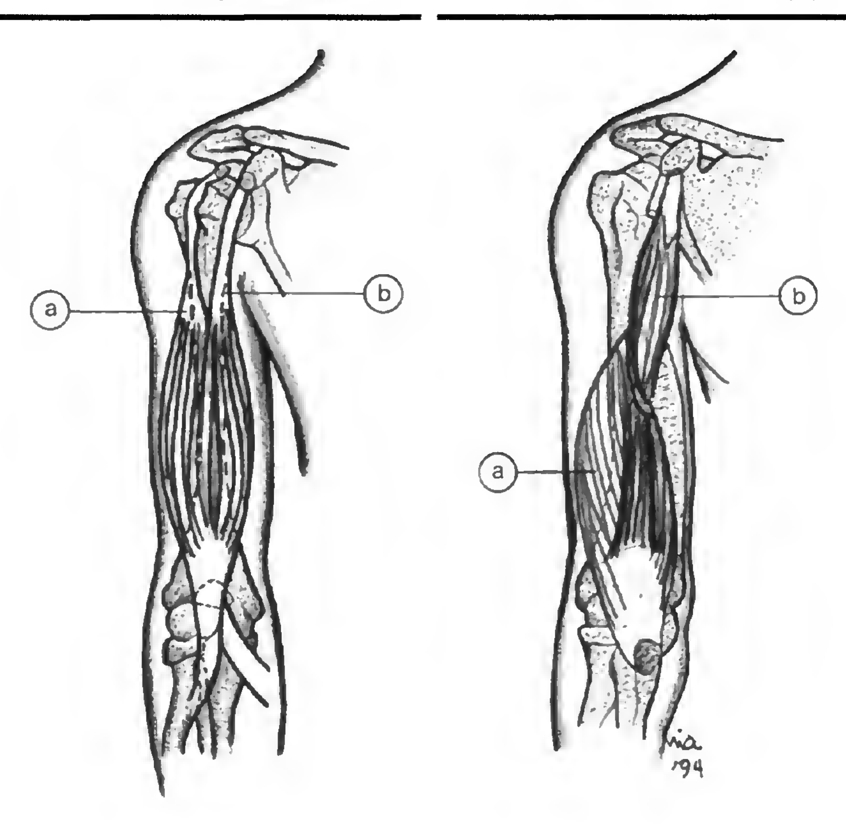
a) **Origine** : face antérieure de toute la moitié inférieure de la diaphyse de l'humérus.

b) **Terminaison** : partie médiale de la tubérosité ulnaire.

c) **Action** : fléchisseur de vitesse de l'avant-bras sur le bras. Sa terminaison sur l'ulna et la terminaison du muscle biceps brachial sur le radius assurent une meilleure répartition des charges sur l'avant-bras. Comme il n'est pas influencé

FIGURE 7.6 **Les chefs du muscle biceps brachial**

FIGURE 7.7 **Muscles brachial (a) et coracobrachial (b)**



a. Long ; b. Court.

par la position de l'avant-bras, ce muscle est le fléchisseur le plus fiable de l'avant-bras sur le bras. C'est le plus important fléchisseur de l'articulation du coude, que l'avant-bras soit en pronation ou en supination. Son action est pleinement manifeste quand vient le temps de soulever de lourdes charges.

d) Innervation : nerf musculocutané.

Brachioradial (*brachioradialis*)

Muscle allongé qui donne au bord latéral de l'avant-bras, entre le coude et le poignet, son contour rondelé (Figure 7.8). Reliant l'humérus au radius, ce muscle de puissance (levier du deuxième genre) est palpable et uniarticulaire.

a) Origine : bord latéral de l'humérus, sur son tiers inférieur.

b) Terminaison : face latérale de la base du processus styloïde du radius.

c) Action : fléchisseur de puissance de l'avant-bras, il tend aussi à minimiser les actions de pronation et de supination de l'avant-bras pour favoriser la position moyenne ou fonctionnelle.

d) Innervation : nerf radial.

Rond pronateur (*pronator teres*)

Muscle aplati et impalpable qui croise la face antérieure de la moitié supérieure de l'avant-bras (Figure 7.9). Il possède deux chefs : l'huméral et l'ulnaire.

a) **Origine** : le chef huméral naît, par un tendon, de l'épicondyle médial ; le chef ulnaire, plus grêle, parfois inconstant, s'insère sur le processus coronoïde de l'ulna.

b) **Terminaison** : milieu de la face externe du corps du radius (là où la courbe du radius est la plus prononcée).

c) **Action** : pronateur. Il contribue aussi à la flexion de l'avant-bras sur le bras.

d) **Innervation** : deux rameaux du nerf médian.

Carré pronateur (*pronator quadratus*)

Muscle impalpable et quadrilatère constitué de fibres transversales (Figure 7.10), c'est aussi un muscle profond de la région antérieure de l'avant-bras qui relie le radius à l'ulna, au niveau du poignet.

a) **Origine** : quart inférieur de la face antérieure de l'ulna.

b) **Terminaison** : quart inférieur de la face antérieure du radius.

FIGURE 7.8 **Face antérieure du muscle brachioradial**

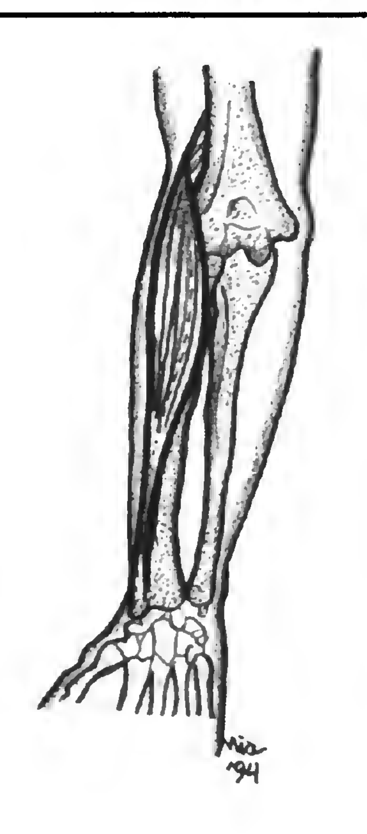
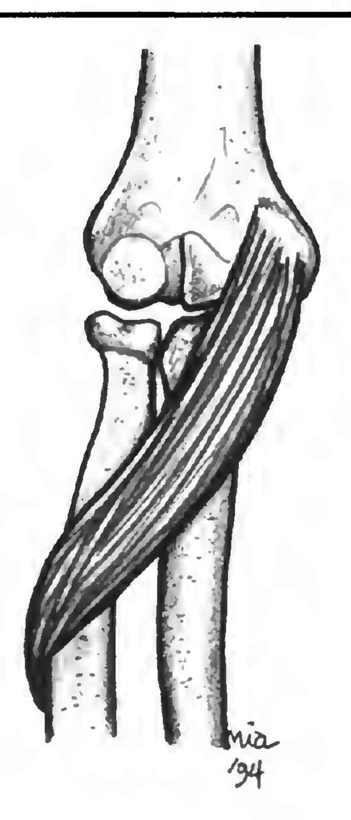


FIGURE 7.9 **Face antérieure du muscle rond pronateur**



c) Action : pronateur.

d) **Innervation** : nerf interosseux antérieur, branche du nerf médian.

Supinateur (*supinator*)

Muscle court, impalpable, épais et incurvé (Figure 7.11), également muscle profond de la région latérale de l'avant-bras, qui s'enroule autour du radius. Il est situé sous le brachioradial.

a) **Origine** : partie inférieure de l'épicondyle latéral de l'humérus, du ligament collatéral radial et de l'ulna.

b) **Terminaison** : côté antérieur du radius, sur le tiers supérieur.

c) Action : supinateur de l'avant-bras.

d) Innervation : nerf radial.

Triceps brachial (*triceps brachialis*)

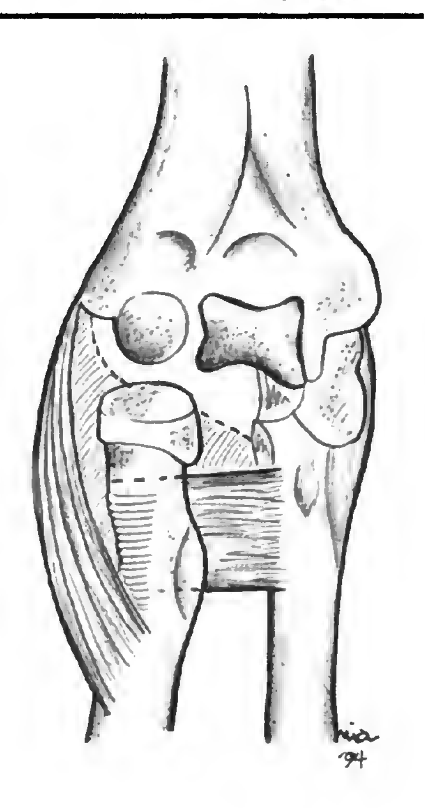
Muscle volumineux, palpable, complexe (Figure 7.12), de la région postérieure du bras, il s'étend de la scapula et de l'humérus à l'ulna.

Il est constitué de trois chefs : le long, le latéral et le médial. Muscle biarticulaire pour son chef long et uniarticulaire pour ses deux autres chefs.

FIGURE 7.10 **Face antérieure du muscle carré pronateur**



FIGURE 7.11 **Face antérieure du muscle supinateur**



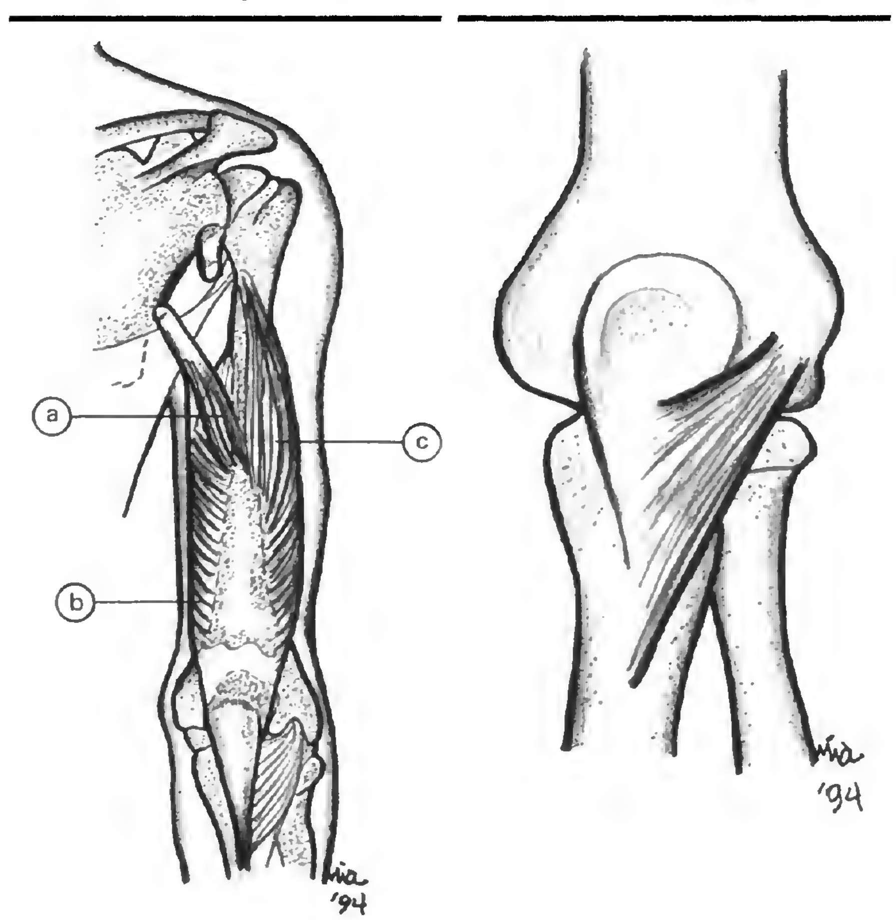
a) **Origine** : le chef long s'attache sous la cavité et le labrum glénoïdal de la scapula. Le chef latéral a son origine sur la partie latérale de la face postérieure de l'humérus, entre le col chirurgical et l'extrémité latérale du sillon du nerf radial. Le chef médial a son origine sur la face postérieure du corps de l'humérus, entre le sillon du nerf radial et l'extrémité médiale de la ligne épiphysaire.
b) **Terminaison** : olécrâne.
c) **Action** : extenseur de l'avant-bras sur le bras. Les chefs latéral et médial sont les principaux responsables de cette action, le chef long n'intervient qu'en seconde ligne.
d) **Innervation** : nerf radial.

Anconé (*anconeus*)

Muscle palpable et triangulaire de la face postérieure du coude (Figure 7.13).

FIGURE 7.12 **Face postérieure des chefs du muscle triceps brachial**

FIGURE 7.13 **Face postérieure du muscle anconé**



a. Long ; b. Médial ; c. Latéral.

a) **Origine** : face postérieure de l'épicondyle latéral de l'humérus.

b) **Terminaison** : face latérale et postérieure de l'olécrâne et quart supérieur du bord postérieur de l'ulna.

c) **Action** : assistance à l'extension de l'avant-bras sur le bras et à la pronation de l'avant-bras, lorsque l'humérus est fixe.

d) **Innervation** : rameau du nerf radial.

Le Tableau 7.1 énumère les mouvements et les muscles des articulations du coude et de l'avant-bras. Les Figures 7.14, 7.15, 7.16 et 7.17 illustrent la totalité des muscles qui entrent en action au niveau du coude et de l'avant-bras.

Lésions des régions du coude et de l'avant-bras

1. Fractures

A. Fracture de la tête du radius

Le radius est plus fin au niveau du coude qu'à la hauteur du poignet. En cas de chute, alors que le bras est en extension, les forces sont réparties par l'intermédiaire de l'avant-bras sur la partie la plus supérieure du radius. La fracture de la tête du radius peut entraîner des manifestations pathologiques de longue durée. Les mouvements de pro-supination deviennent alors impossibles.

B. Fracture de l'olécrâne

En cas de chute, le coude fléchi (par exemple, dans les sports de contact et dans certains sports mécaniques, comme la course automobile), une fracture de la pointe du coude, l'olécrâne, peut survenir. Dès lors, le sujet est dans l'impossibilité d'exécuter une extension complète de l'avant-bras sur le bras.

TABLEAU 7.1 Muscles et mouvements du coude et de l'avant-bras

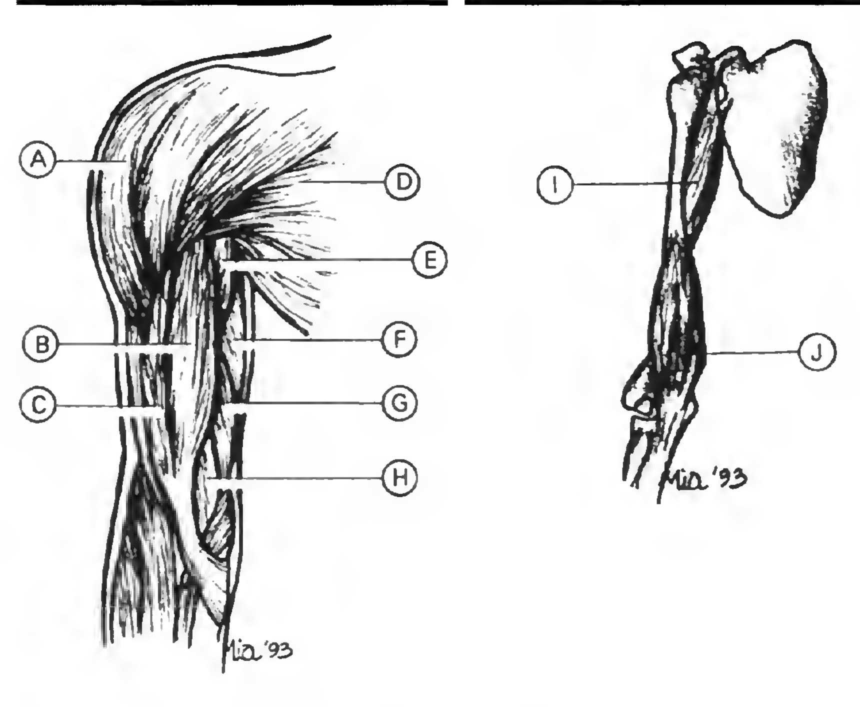
Muscles / Mouvements	Flexion	Extension	Pronation	Supination
Biceps brachial (*biceps brachialis*)	P			A
Brachial (*brachialis*)	P			
Brachioradial (*brachioradialis*)	P			
Rond pronateur (*pronator teres*)	A		A	
Carré pronateur (*pronator quadratus*)			P	
Triceps brachial (*triceps brachialis*)		P		
Ancané (*ancaneus*)		A		
Supinateur (*supinatar*)				P

P : muscle principal

A : muscle auxiliaire

FIGURE 7.14 Muscles superficiels du bras antérieur

FIGURE 7.15 Muscles profonds du bras antérieur



A. Deltoïde ; B. Biceps brachial (chef court) ; C. Biceps brachial (chef long) ; D. Grand pectoral ; E. Coracobrachial ; F. Triceps brachial (chef médial) ; G. Triceps brachial (chef long) ; H. Brachial.

I. Coracobrachial ; J. Brachial.

C. Fracture de l'avant-bras (radius et ulna)

Une fracture de l'avant-bras au niveau des diaphyses peut survenir à la suite d'une chute sur la main ou d'un coup sur l'avant-bras ; elle atteint alors habituellement à la fois le radius et l'ulna.

2. Luxations

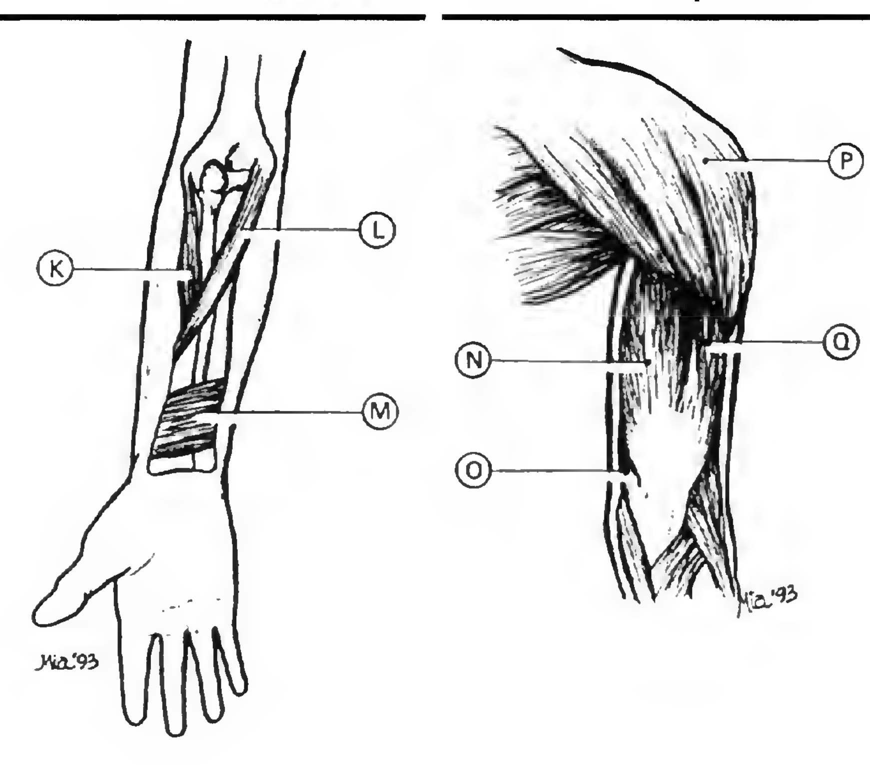
A. Luxatian de l'articulation du caude

La luxation de l'articulation du coude est plus fréquente dans les sports de contact, par exemple le hand-ball, le football, le hockey sur glace, le cyclisme, la lutte, le ski et le squash. Une cause fréquente de cette lésion est une chute sur la main alors que l'articulation du coude est fléchie. Une lésion peut également survenir si le coude est en hyperextension au moment de la chute.

La luxation de l'articulation du coude se produit habituellement lorsque l'ulna est en retrait et il arrive qu'elle s'accompagne d'une fracture. Les luxations entraînent toujours des lésions aux capsules articulaires et aux ligaments qui entourent l'articulation.

FIGURE 7.16 Muscles profonds de l'avant-bras antérieur

FIGURE 7.17 Muscles superficiels du bras postérieur



K. Supinateur; L. Rond pronateur; M. Carré pronateur.

N. Triceps brachial (chef long); O. Triceps brachial (chef médial); P. Deltoïde; Q. Triceps brachial (chef latéral).

B. Luxatian du tendan du muscle biceps brachial (chef lang)

Le tendon du muscle biceps brachial (chef long) s'insère sur le sillon intertuberculaire. Si ce tendon subit une tension et se casse ou si le sillon est peu profond, le tendon du biceps peut glisser, en partie ou en totalité, hors de l'articulation.

3. Tendinites

A.1 Inflammation du tendan du muscle biceps brachial (chef lang)

L'inflammation du tendon du chef long du muscle biceps brachial est une cause relativement fréquente de douleurs à l'épaule. Ce tendon glisse sur la tête de l'articulation de l'épaule dans un sillon particulier de l'humérus; en cas d'inflammation du tendon, se manifeste une sensibilité douloureuse bien délimitée à l'extrémité supérieure du bras. L'inflammation frappe les canoéistes, les rameurs, les haltérophiles, les lanceurs de javelot, les escrimeurs, les lutteurs, les golfeurs, les joueurs de tennis, de tennis de table, de badminton et de squash, etc.

A.2 Rupture du tendan du muscle biceps brachial (chef long)

Les ruptures du tendon touchent les gymnastes, les joueurs de tennis et de badminton, les lutteurs, les rameurs, les haltérophiles, les lanceurs de javelot, etc.

Le tendon a son origine dans la partie supérieure de la cavité glénoïdale de la scapula. Il est l'objet d'altérations imputables au vieillissement, et les sportifs âgés de plus de 40 ans sont de ce fait sujets à des ruptures de ce tendon. Chez les sportifs plus jeunes, c'est une lésion relativement rare.

B. Rupture du tendon du muscle triceps brachial (terminaison)

Lorsqu'on fait une chute sur la main, le bras fléchi, une rupture du tendon du muscle triceps peut survenir; parfois même l'insertion tendineuse peut se détacher de la pointe de l'ulna.

4. Bursite

Inflammation de la bourse subcutanée olécrânienne

Juste sous la pointe du coude se trouve une bourse synoviale dans laquelle une hémorragie peut survenir à la suite d'un coup ou d'une chute sur une surface dure, bras étendu vers l'avant. Dans de nombreux sports (course d'orientation, lutte, volley-ball, basket-ball, football et hand-ball), les joueurs ne portent souvent aucune protection aux coudes; dans d'autres sports, comme le hockey sur glace, les joueurs se contentent habituellement de protections inefficaces. Les gardiens de but de handball sont spécialement exposés aux hémorragies des bourses synoviales du coude.

On appelle souvent « coude de l'étudiant » cet état pathologique : des descriptions folkloriques veulent en effet qu'en soient atteints les étudiants qui s'accoudent sur leur pupitre.

5. Entorses

Les entorses du coude sont rares, même chez ceux et celles qui s'adonnent à des sports où cette articulation est rudement mise à l'épreuve; on diagnostique plutôt des luxations ou des fractures.

Le ligament collatéral ulnaire (faisceau moyen) est le plus susceptible d'être lésé et peut accentuer le valgus ulnaire physiologique en réduisant l'angle obtus entre le bras et l'avant-bras.

Le saviez-vous ?

1. Pour ouvrir une serrure avec une clef, on doit amener la main en supination. L'épaule ne peut pas suppléer à la main ni l'aider dans l'exécution de ce mouvement.

2. Pour visser avec précision, on recourt seulement à l'avant-bras. Pour visser avec force, on appuie le mouvement de supination en bloquant l'avant-bras en position zéro, en écartant le coude, puis en amenant le bras en adduction.

3. Lorsque les paumes sont tournées vers le haut (supination) plutôt que vers le bas (pronation), les fléchisseurs de l'articulation du coude peuvent soulever un poids supérieur d'environ 65 %.

4. Si le radius était rectiligne, le mouvement de pronation serait très vite freiné. Comme le radius croise l'ulna à l'avant, le contact des deux os serait presque immédiat et la pronation serait d'autant plus vite limitée que l'espace interosseux est matelassé par des muscles assez épais.

5. La membrane interosseuse est l'un des principaux freins à la pronation-supination. Tous les éléments de la membrane se détendent en pronation et se tendent en supination.

6. La réduction en longueur de l'un des deux os de l'avant-bras (après fracture) peut limiter ou bloquer la pronation-supination.

7. Le réflexe bicipital est un réflexe ostéo-tendineux.

CHAPITRE 8

Poignet et main

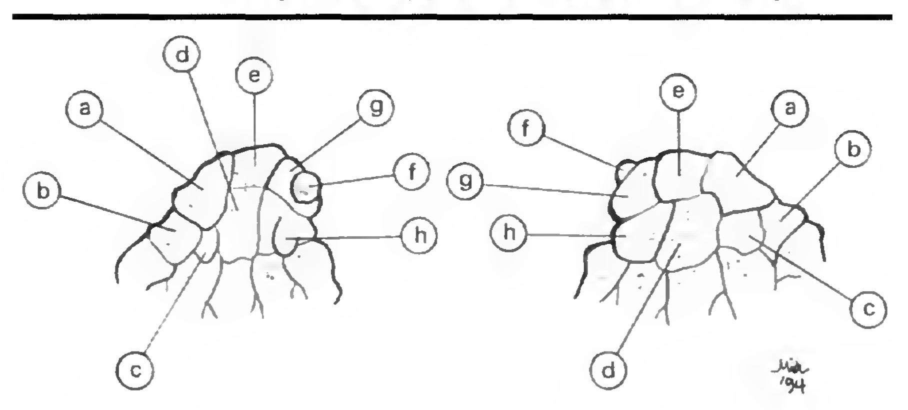
Os du poignet et de la main

Les os du poignet et de la main sont au nombre de vingt-sept. Le poignet est l'articulation qui réunit l'avant-bras à la main. Le squelette du poignet, le carpe, se compose de huit os. La main est constituée du métacarpe (cinq os) et des phalanges (quatorze os). La main apparaît vers le quarantième jour du développement fœtal (Kahle, Leonhardt et Platzer, 1988).

Carpe

Le carpe est l'ensemble des os du poignet qui unissent le squelette de l'avant-bras au métacarpe (Figure 8.1). Ses os se répartissent en une rangée proximale de quatre os (os scaphoïde, lunatum, triquetrum et pisiforme) et une rangée distale de quatre os (trapèze, trapézoïde, capitatum et hamatum). Le carpe forme une gouttière antérieure dans laquelle glissent les tendons des muscles fléchisseurs des doigts. Habituellement, aucun os carpien n'a commencé à s'ossifier au moment de la naissance. Cependant, l'hamatum et le capitatum peuvent parfois avoir amorcé leur ossification avant la naissance, en particulier chez le nouveau-né de sexe féminin. Le pisiforme est le dernier à s'ossifier (vers l'âge de 12 ans). Le degré d'ossification

FIGURE 8.1 **Faces palmaire (à gauche) et dorsale (à droite) du carpe**



a. Scaphoïde; b. Trapèze; c. Trapézoïde; d. Capitatum; e. Lunatum; f. Pisiforme; g. Triquetrum; h. Hamatum.

des os du carpe est un instrument important pour préciser le stade de développement d'un enfant. On observe également des fusions des os du carpe entre eux ; la plus fréquente est celle du lunatum et du triquetrum. L'os scaphoïde, le triquetrium et le pisiforme peuvent aussi être divisés en deux, ce qui peut être à tort interprété comme une fracture de ces os.

a) Os de la première rangée du carpe en partant du pouce vers le petit doigt

1° Os scaphoïde : os latéral (du côté du pouce) de la rangée proximale du carpe. Cet os allongé présente, sur sa face antérieure, le tubercule du scaphoïde. C'est l'os du carpe le plus souvent fracturé, qui explique son importance du point de vue clinique. Le tubercule de l'os scaphoïde est perceptible sous la peau, du côté palmaire et latéral.

2° Lunatum (os lunaire) : os de la rangée proximale du carpe, situé entre l'os scaphoïde et le triquetrum. Il a la forme d'un croissant dont la concavité, dans sa portion inférieure, coiffe la tête du capitatum.

3° Triquetum (os pyramidal du carpe) : os médial de la rangée proximale du carpe. Son sommet inféromédial a la forme d'une pyramide ; il présente, sur sa face antérieure, une surface qui s'articule avec l'os pisiforme et, sur sa face postérieure, une crête transversale.

4° Pisiforme : plus petit des os du carpe. Il est situé à l'avant du triquetrum avec lequel il s'articule. Osselet sésamoïde inséré dans le tendon du fléchisseur ulnaire du carpe. Aisément perceptible à travers la peau du côté palmaire et médial.

b) Os de la deuxième rangée du carpe en partant du pouce vers le petit doigt

1° Trapèze : os latéral de la rangée distale du carpe. Sa face antérieure présente une crête saillante. Il s'articule à son sommet avec l'os scaphoïde, à sa base avec le métacarpien I (côté du pouce), à l'intérieur avec le trapézoïde et le métacarpien II.

2° Trapèzoïde (petit multiangulaire) : os de la rangée distale du corps. Il s'articule à l'extérieur avec le trapèze, à son sommet avec l'os scaphoïde, à sa base avec le métacarpien II et à l'intérieur avec le capitatum.

3° Capitatum : le plus volumineux os du carpe. Central et allongé verticalement, il comporte une tête qui s'articule avec l'os scaphoïde et le lunatum, un col, un corps s'articule avec le trapézoïde à l'extérieur, et avec l'hamatum et les 2e, 3e et 4e métacarpiens à l'intérieur.

4° Hamatum (os crochu, os unciforme) : os médial de la rangée distale du carpe. Pyramide quadrangulaire qui présente, sur sa face antérieure, une saillie volumineuse en forme de crochet, le hamulus du hamatum (crochet du hamatum). Il est bien perceptible.

Métacarpe

Le métacarpe est l'ensemble des os de la paume de la main et il réunit le poignet aux premières phalanges (Figure 8.2). Il est constitué de cinq os métacarpiens. Les métacarpiens sont numérotés de I à V dans le sens latéromédial (du pouce vers le petit doigt). Ces os allongés se composent d'un corps prismatique triangulaire et de deux extrémités articulaires : l'une, proximale (la base) et l'autre, distale sphéroïde (la tête).

a) **Métacarpien I** : le plus latéral et le plus court des métacarpiens. Sa base présente une surface articulaire en forme de selle.

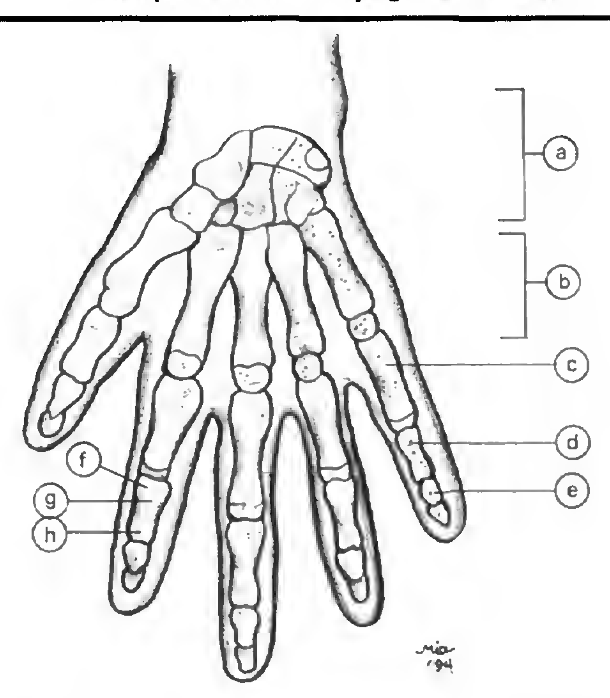
b) **Métacarpien II** : le plus long des métacarpiens. Sa base large et bituberculaire s'articule avec le trapèze, le trapézoïde, le capitatum et le métacarpien III.

c) **Métacarpien III** : le métacarpien médian. Sa base présente une saillie qui la prolonge vers le haut et les côtés : c'est le processus styloïde. Cette base s'articule avec le capitatum et les métacarpiens adjacents.

d) **Métacarpien IV** : le plus grêle de tous les métacarpiens. Sa base s'articule avec le capitatum, le hamatum et les métacarpiens adjacents.

e) **Métacarpien V** : le plus médial de tous les métacarpiens. Sa base s'articule avec l'hamatum et le métacarpien IV.

FIGURE 8.2 **Face palmaire des os du poignet et de la main**



a. Carpe ; b. Métacarpe ; c. Phalange proximale ; d. Phalange moyenne ; e. Phalange distale ; f. Base ; g. Corps ; h. Tête.

Phalanges

La phalange est chacune des pièces osseuses articulées qui composent le squelette des doigts (Figure 8.2). On en dénombre trois par doigt, sauf pour le pouce qui en compte deux. Ces os allongés présentent un corps, une extrémité proximale excavée, ou base, et une extrémité distale convexe, ou tête.

a) **Phalange proximale** : chacune des phalanges les plus rapprochées du métacarpe.
b) **Phalange moyenne** : phalange intermédiaire, entre la phalange proximale et la phalange distale (les points de vue contradictoires sur la question autorisent à présumer que cette phalange ne se retrouve pas dans le pouce).
c) **Phalange distale** : dernière phalange des doigts et du pouce (celle qui est protégée par l'ongle).

Les doigts de la main sont des appendices libres et indépendants qui forment l'extrémité distale de la main (Figure 8.2). Au nombre de cinq, ils sont numérotés dans le sens latéromédial. Chaque doigt présente quatre faces : dorsale, palmaire, latérale (radiale) et médiale (ulnaire).

a) **Pouce (doigt I, pollux)** : premier doigt de la main. Sa mobilité et son indépendance par rapport aux autres doigts assurent à la main une préhension efficace.
b) **Index (doigt II)** : deuxième doigt, situé entre le pouce et le médius.
c) **Médius (doigt III)** : troisième doigt, situé entre l'index et l'annulaire. Il est très peu mobile latéralement et sert d'axe de référence pour les mouvements de latéralité.
d) **Annulaire (doigt IV)** : quatrième doigt, situé entre le médius et le petit doigt.
e) **Petit doigt de la main (doigt V)** : cinquième doigt, situé dans le prolongement du bord médial de la main.

Les têtes des phalanges et des métacarpiens se trouvent à leur extrémité distale.

Articulations du poignet et de la main

Ces articulations unissent les os du carpe et de la main (Norkin et Levangie, 1992). Elles comprennent de nombreuses articulations.

a) Au niveau du poignet :
   1° Radiocarpienne ;
   2° Intercarpiennes ;
   3° Médiocarpienne.
b) Au niveau de la main :
   1° Carpométacarpiennes ;
   2° Intermétacarpiennes ;
   3° Métacarpophalangiennes ;
   4° Interphalangiennes de la main.

Articulation radiocarpienne

L'articulation radiocarpienne est une articulation qui réunit les os de l'avant-bras à ceux du carpe (Figure 8.3). Synoviale, elle est du type ellipsoïde.

a) **Surfaces articulaires** : surface articulaire carpienne du radius, disque articulaire de l'articulation radio-ulnaire distale et surfaces articulaires radiales de l'os scaphoïde, du lunatum et du triquetrum.

b) **Capsule articulaire** : membrane fibreuse, plus épaisse à l'avant, qui s'insère sur le pourtour des surfaces articulaires en bordure du disque articulaire. La cavité synoviale communique souvent (dans 40 % des cas) avec celle de l'articulation radio-ulnaire distale et très souvent (dans 60 % des cas) avec celle de l'articulation de l'os pisiforme.

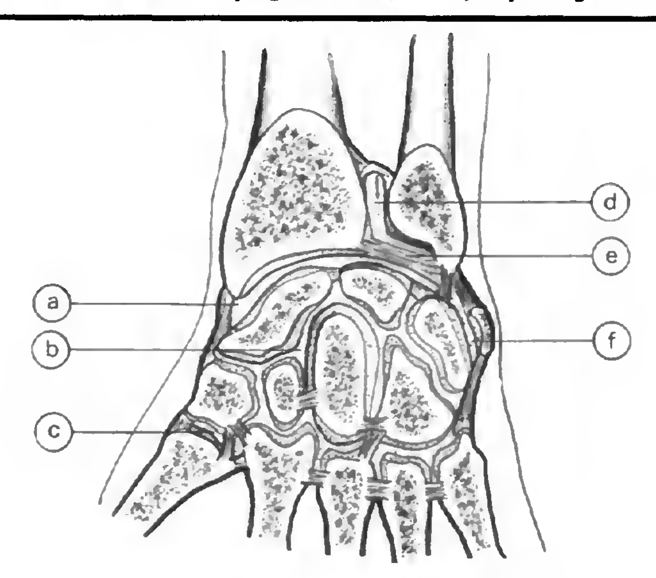
c) **Ligaments** : au nombre de cinq, ce sont le ligament radiocarpien palmaire (résistant), le ligament ulnocarpien palmaire, le ligament radiocarpien dorsal, le ligament collatéral ulnaire du carpe et le ligament collatéral radial du carpe (Figure 8.4).

d) **Anatomie fonctionnelle** : cette articulation et l'articulation médiocarpienne fonctionnent solidairement. Elle produit des mouvements de flexion, d'extension, d'abduction et d'adduction.

Articulations intercarpiennes

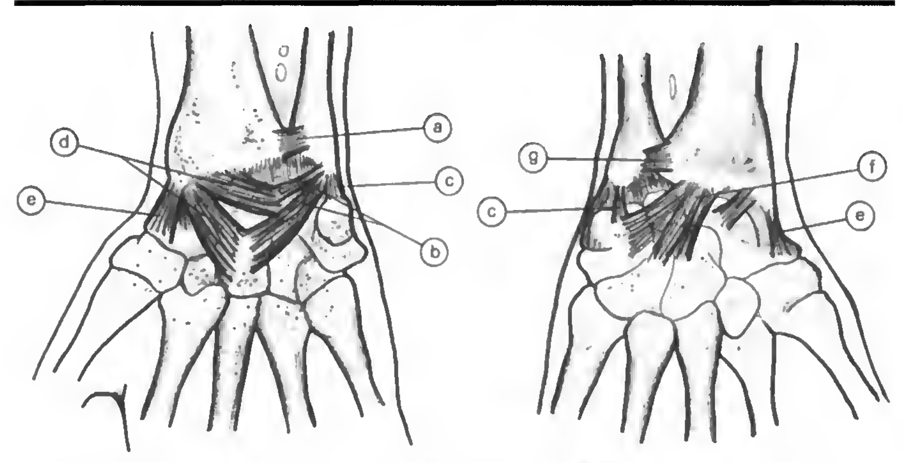
Les articulations intercarpiennes sont des articulations qui unissent les os adjacents du carpe (Figure 8.3). Synoviales et planes, ces cavités communiquent entre

FIGURE 8.3 **Articulations du poignet et de la main (coupe longitudinale)**



a. Articulation radiocarpienne ; b. Articulation médiocarpienne ; c. Articulation carpométacarpienne du pouce ; d. Articulation radio-ulnaire distale ; e. Disque articulaire ; f. Articulation de l'os pisiforme.

FIGURE 8.4 **Faces antérieure (à droite) et postérieure (à gauche) de l'articulation radiocarpienne**



a. Ligament radio-ulnaire antérieur; b. Ligament ulnocarpienpalmaire; c. Ligament collatéral ulnaire du carpe; d. Ligament radiocarpien palmaire; e. Ligament collatéral radial du carpe; f. Ligament radiocarpien dorsal; g. Ligament radio-ulnaire postérieur.

elles et avec celles des articulations carpométacarpiennes. Les ligaments intercarpiens dorsaux, palmaires et interosseux les solidarisent.

L'articulation du poignet, qui unit le pisiforme au triquetrum, est une articulation ellipsoïde; elle se nomme articulation de l'os pisiforme. La cavité synoviale communique dans plus de la moitié des cas avec celle de l'articulation radiocarpienne.

Articulation médiocarpienne

L'articulation médiocarpienne est une articulation qui unit les rangées proximale et distale des os du carpe (Figure 8.3). Synoviale, elle appartient au type bicondylaire.

a) **Surfaces articulaires** : elles sont enveloppées dans un cartilage épais d'environ 1 mm. La rangée proximale présente deux surfaces : une surface concave, constituée par les faces inférieures du triquetrum et du lunatum et par les faces médiale et inférieure de l'os scaphoïde; la rangée distale présente une surface inversement conformée. Le capitatum et le hamatum y forment un condyle; le trapèze et le trapézoïde dessinent une cavité.

b) **Capsule articulaire** : la membrane fibreuse est mince et se fixe sur le rebord des surfaces cartilagineuses. La cavité synoviale présente de nombreux culs-de-sac; elle communique avec les cavités synoviales des articulations des os de chaque rangée et avec l'articulation carpométacarpienne.

c) **Ligaments** : ce sont les ligaments intercarpiens dorsaux, en particulier le ligament médiocarpien dorsal (longue bandelette fibreuse), le ligament radié du carpe sur la face antérieure et les ligaments médiocarpiens latéral et médial.

d) **Anatomie fonctionnelle** : fonctionne solidairement avec l'articulation radiocarpienne. Ses mouvements comprennent la flexion, l'extension, l'abduction et l'adduction.

Articulations carpométacarpiennes

Articulations de la main qui unissent la rangée distale du carpe à la base des métacarpiens (Figure 8.3). Elles se divisent en deux articulations distinctes.

a) **Articulation carpométacarpienne du pouce** : articulation de la main qui unit la base du métacarpien I au trapèze. C'est une articulation en selle dont les membranes synoviale et fibreuse sont très lâches. Elle compte trois ligaments : latéral, palmaire et dorsal. Ses mouvements sont la flexion, l'extension, l'abduction et l'adduction.

b) **Articulation carpométacarpienne des quatre derniers métacarpiens** : série d'articulations planes diversement orientées. Sa capsule articulaire est mince. Ses ligaments sont les ligaments carpométacarpiens dorsaux, palmaires et interosseux.

Articulations intermétacarpiennes

Articulations de la main qui unissent entre eux les métacarpiens II à V à leur base. Les cavités synoviales de ces trois articulations planes sont des prolongements de la cavité synoviale de l'articulation carpométacarpienne. Les membranes fibreuses de leurs capsules sont renforcées par des ligaments métacarpiens interosseux, palmaires et dorsaux. Ces articulations sont le siège des mouvements de glissement.

Articulations métacarpophalangiennes

Articulations qui unissent les métacarpiens aux phalanges proximales (Figure 8.5). Synoviales, elles sont du type sphéroïde.

a) **Surfaces articulaires** : tête convexe des métacarpiens, cavité glénoïdale de la base des phalanges et fibrocartilage qui prolonge le bord palmaire de la cavité glénoïdale.

b) **Capsule articulaire** : mince et lâche.

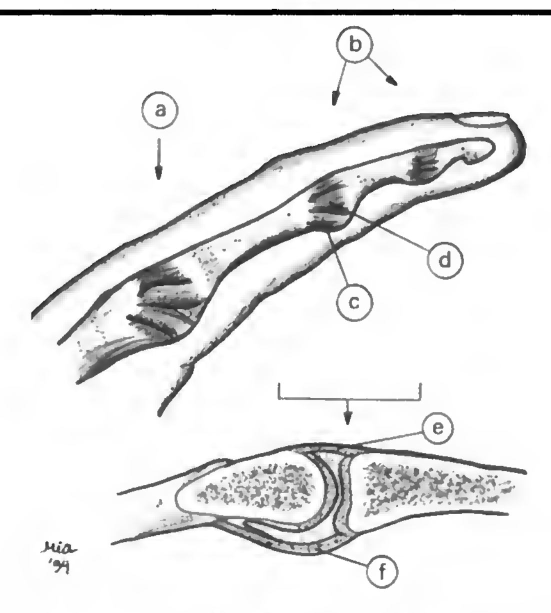
c) **Ligaments** : ligaments collatéraux, ligaments palmaires et ligament métacarpien transverse profond.

d) **Anatomie fonctionnelle** : mouvements de flexion, d'extension, d'abduction, d'adduction et mouvements passifs de rotation.

Articulations interphalangiennes

Articulations qui unissent les phalanges de la main entre elles (Figure 8.5). Ginglymes (trochléennes), elles mettent en présence la base et la tête de deux phalanges successives. Elles présentent un fibrocartilage palmaire. Les capsules articulaires, lâches, sont renforcées par des ligaments collatéraux et palmaires. Leurs mouvements sont la flexion et l'extension.

FIGURE 8.5 **Face latérale (en haut) et coupe longitudinale (en bas) des articulations de la main**



a. Articulation métacarpophalangienne ; b. Articulations interphalangiennes ; c. Ligament palmaire ; d. Ligament collatéral ; e. Capsule articulaire ; f. Fibrocartilage palmaire.

Mouvements du poignet et de la main

Poignet

Voici les mouvements que la main peut exécuter, par rapport à l'avant-bras (Castaing, 1979c ; Vandervael, 1966).

a) **Flexion d'environ 80°** : radiocarpienne (50°) et médiocarpienne (30°). Flexion palmaire (mouvement le plus important).

b) **Extension d'environ 70°** : médiocarpienne (50°) et radiocarpienne (20°). Flexion dorsale.

c) **Adduction d'environ 45°** : inclinaison latérale de la main du côté de l'ulna. Flexion ulnaire.

d) **Abduction d'environ 20°** : inclinaison latérale de la main du côté du radius. Flexion radiale.

e) **Circumduction.**

Articulation métacarpophalangienne

Il sera question au paragraphe suivant de l'amplitude des mouvements des articulations métacarpophalangiennes selon Castaing (1979c).

a) **Flexion** : son amplitude moyenne est de 90° (Figure 8.6). L'amplitude s'accroît de 10°, de l'index à l'auriculaire. Il importe de noter que le bord latéral de la

main demeure plus ouvert que son bord médial. La flexion, active ou passive, jouit de la même amplitude.

b) Extension : son amplitude varie grandement, selon qu'elle est active (30°) ou passive (70°) (Figure 8.6).

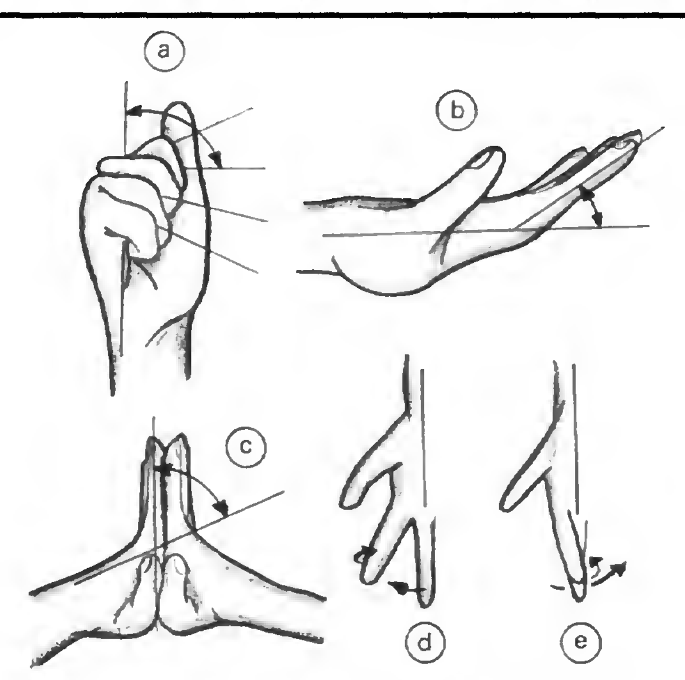
c) Abduction et adduction : l'abduction est le mouvement qui éloigne les doigts du doigt central (III ou majeur) ; l'adduction les rapproche ou permet au majeur, le doigt de référence, de se replier en partie sur l'index (Figure 8.6). Ces mouvements ne sont pas isolés ; ils se combinent toujours à des mouvements de rotation médiale ou latérale. L'abduction s'associe à la pronation ou à la rotation médiale, alors que l'adduction est liée à la supination ou à la rotation latérale. L'amplitude extrême d'abduction-adduction est de 40° pour l'index et de 30° pour le petit doigt.

Articulation interphalangienne

L'amplitude des mouvements, au niveau de l'articulation interphalangienne proximale, est de (Figure 8.7) :

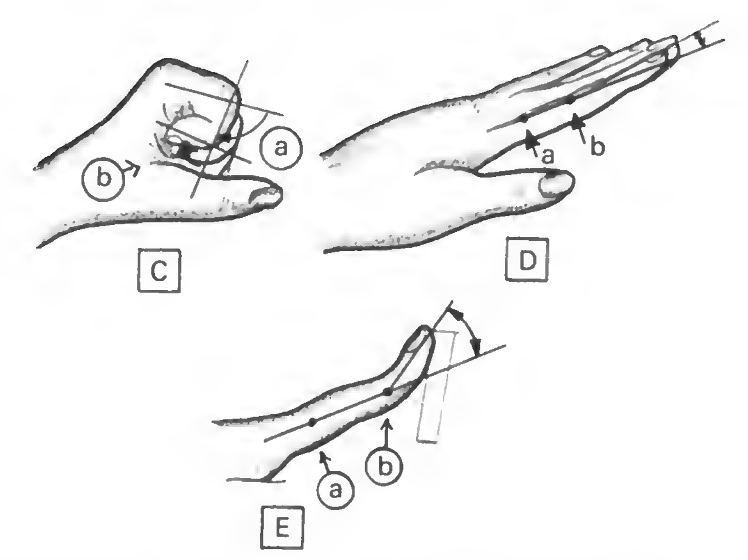
- 100° pour les flexions active et passive ;
- 0° pour les extensions active et passive.

FIGURE 8.6 Mouvements de l'articulation métacarpophalangienne



a. Flexion ; b. Extension active ; c. Extension passive ; d. Abduction ; e. Adduction.

FIGURE 8.7 **Mouvements des articulations interphalangiennes**



a. Proximale ; b. Distale ; C. Flexions active et passive ; D. Extension active ; E. Extension passive.

Au niveau de l'articulation interphalangienne distale (Figure 8.7), elle est de :

- 70° pour les flexions active et passive ;
- 5° pour l'extension active ;
- 20° à 40° pour l'extension passive.

Pouce

Les mouvements de flexion-extension se font dans un plan à peu près parallèle à la paume et portent respectivement le pouce vers le côté ulnaire et vers le côté radial de la main (Figure 8.8). Les mouvements d'adduction-abduction se font dans un plan à peu près perpendiculaire à celui de la paume et portent le pouce vers l'index dans l'adduction et vers l'avant dans l'abduction (Figure 8.8). Le plus important mouvement du pouce est le mouvement d'opposition ; il a pour effet de porter la pulpe du pouce contre celle des quatre derniers doigts.

Muscles agissants du poignet

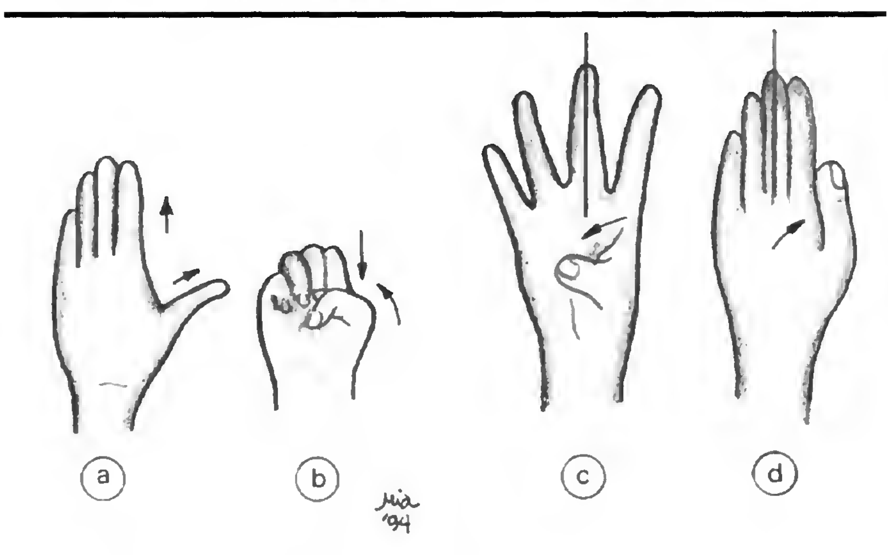
Six muscles principaux agissent sur le poignet. Les fléchisseurs du poignet ont leur origine sur l'humérus (côté radial) ; ses extenseurs ont leur origine sur l'humérus (côté ulnaire) (Rasch et Burke, 1978 ; Wells, 1971).

Fléchisseur radial du carpe (*flexor carpi radialis*)

Il s'agit d'un muscle fusiforme, palpable et allongé (Figure 8.9), du plan superficiel de la face antérieure de l'avant-bras.

a) **Origine** : face antérieure de l'épicondyle médial de l'humérus.

FIGURE 8.8 **Mouvements de l'articulation carpométacarpienne du pouce**



a. Extension; b. Flexion; c. Abduction; d. Adduction.

b) **Terminaison** : face palmaire de la base du métacarpien II.
c) **Action** : fléchisseur et abducteur de la main, au niveau du poignet.
d) **Innervation** : rameaux du nerf médian.

Fléchisseur ulnaire du carpe (*flexor carpi ulnaris*)

Muscle palpable de la région médiale de l'avant-bras (Figure 8.10), c'est un muscle allongé.

a) **Origine** : deux chefs. Le chef huméral prend naissance sur le sommet de l'épicondyle médial de l'humérus. Le chef ulnaire prend naissance sur l'olécrâne et sur les deux tiers supérieurs du bord postérieur de l'ulna ; son tendon passe médialement au tendon du long palmaire.
b) **Terminaison** : os pisiforme et ses ligaments.
c) **Action** : fléchisseur et adducteur de la main au poignet.
d) **Innervation** : nerf ulnaire.

Long palmaire (*palmaris longus*)

C'est un muscle palpable, fusiforme et grêle (Figure 8.11). Le tendon de ce muscle inconstant (dans 13 % des cas) du plan superficiel de la région antérieure de l'avant-bras passe en plein centre du poignet. Le long palmaire tend l'aponévrose palmaire superficielle. L'aponévrose est toujours présente même si le muscle fait défaut.

a) **Origine** : face antérieure de l'épicondyle médial de l'humérus.
b) **Terminaison** : aponévrose palmaire.

c) **Action** : aide à fléchir la main et tend l'aponévrose palmaire.

d) **Innervation** : un rameau du nerf médian.

Long extenseur radial du carpe (*extensor carpi radialis longus*)

C'est un muscle palpable et allongé (Figure 8.12) de la région latérale de l'avant-bras.

a) **Origine** : bord latéral de l'humérus sur l'épicondyle latéral.

b) **Terminaison** : face dorsale de la base du métacarpien II.

c) **Action** : extenseur et abducteur de la main.

d) **Innervation** : nerf radial.

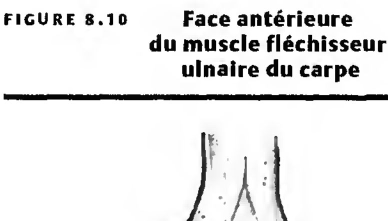
Court extenseur radial du carpe (*extensor carpi radialis brevis*)

C'est un muscle palpable et allongé (Figure 8.13) de la région latérale de l'avant-bras.

a) **Origine** : face antérieure de l'épicondyle latéral de l'humérus.



FIGURE 8.9 **Face antérieure du muscle fléchisseur radial du carpe**



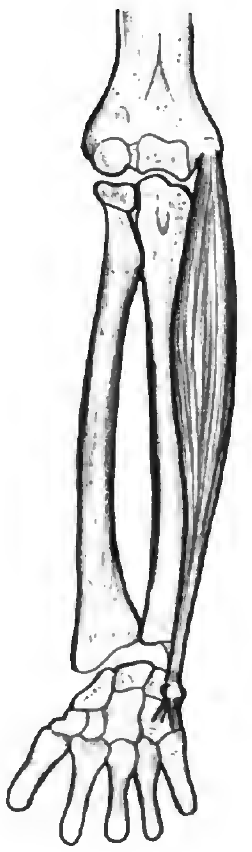


FIGURE 8.10 **Face antérieure du muscle fléchisseur ulnaire du carpe**

b) **Terminaison** : face dorsale de la base du métacarpien III.

c) **Action** : extenseur et abducteur de la main.

d) **Innervation** : nerf radial.

Extenseur ulnaire du carpe (*extensor carpi ulnaris*)

C'est un muscle palpable et allongé (Figure 8.14), superficiel, de la région postérieure de l'avant-bras.

a) **Origine** : face postéro-inférieure de l'épicondyle latéral de l'humérus.

b) **Terminaison** : face dorsale de la base du métacarpien V.

c) **Action** : extenseur et adducteur de la main.

d) **Innervation** : branche profonde du nerf radial.

Le Tableau 8.1 récapitule les mouvements et les muscles agissants du poignet.

FIGURE 8.11 **Face antérieure du muscle long palmaire**

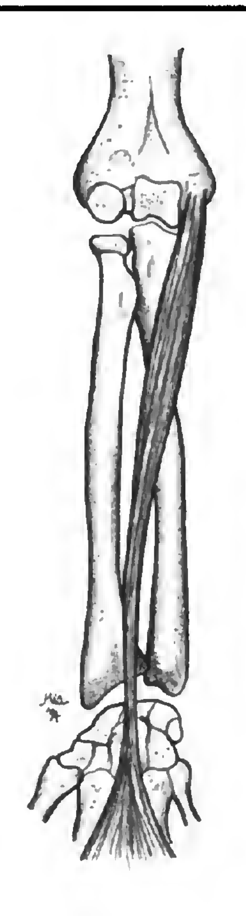


FIGURE 8.12 **Face antérieure du muscle long extenseur radial du carpe**

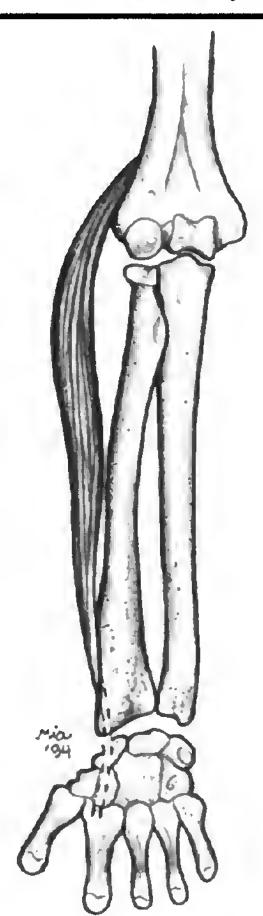


FIGURE 8.13 **Face antérieure du muscle court extenseur radial du carpe**

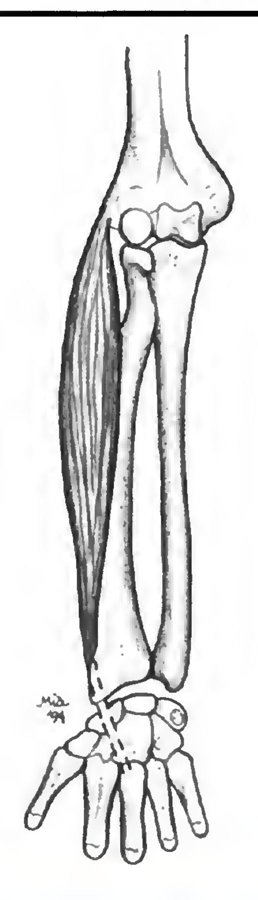


FIGURE 8.14 **Face postérieure du muscle extenseur ulnaire du carpe**

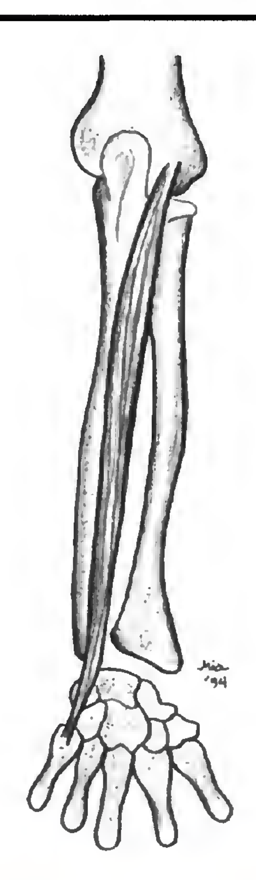


TABLEAU 8.1 **Muscles et mouvements du poignet**

Muscles \ Mouvements	Flexion	Extension	Abduction	Adduction
Fléchisseur radial du carpe (*flexor carpi radialis*)	P		P	
Fléchisseur ulnaire du carpe (*flexor carpi ulnaris*)	P			P
Long palmaire (*palmaris longus*)	A			
Long extenseur radial du carpe (*extensor carpi radialis longus*)		P	P	
Court extenseur radial du carpe (*extensor carpi radialis brevis*)		P	P	
Extenseur ulnaire du carpe (*extensor carpi ulnaris*)		P		P

P : muscle principal

A : muscle auxiliaire

Muscles agissants des doigts

Les principaux muscles extrinsèques (muscles situés dans l'avant-bras) qui agissent sur les doigts sont au nombre de cinq. Ils ont de longs tendons qui atteignent les phalanges et permettent ainsi le mouvement des doigts.

Fléchisseur profond des doigts (*flexor digitorum profundus*)

Muscle impalpable, épais, large (Figure 8.15) et profond, de la région antérieure de l'avant-bras, qui se nomme aussi « muscle fléchisseur perforant ».

a) **Origine** : deux tiers supérieurs des faces antérieure et médiale de l'ulna.

b) **Terminaison** : par quatre tendons sur la face palmaire de la base de la phalange distale des doigts II à V.

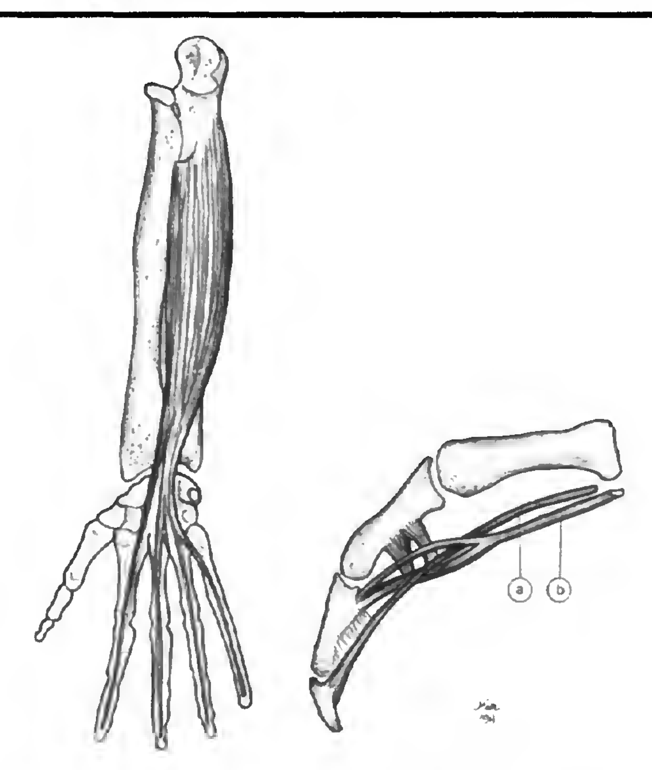
c) **Action** : fléchisseur des phalanges distale et moyenne. Il contribue aussi à la flexion de la phalange proximale.

d) **Innervation** : nerf médian et ulnaire.

Fléchisseur superficiel des doigts (*flexor digitorum superficialis*)

C'est un muscle palpable, aplati, large (Figure 8.16) et superficiel, de la région antérieure de l'avant-bras.

FIGURE 8.15 **Face antérieure du muscle fléchisseur profond des doigts**



a. Terminaison du tendon du muscle fléchisseur profond des doigts ; b. Terminaison du tendon du muscle fléchisseur superficiel des doigts (tendon perforé).

a) **Origine** : le chef huméro-ulnaire prend naissance sur l'épicondyle médial de l'humérus et du processus coronoïde de l'ulna. Le chef radial prend naissance sur la moitié supérieure du bord antérieur du radius.
b) **Terminaison** : par quatre tendons sur la face palmaire de la phalange moyenne des doigts (à l'exception du pouce). En chemin, chacun des tendons se divise en deux bandelettes (tendon perforé) entre lesquelles passe, comme dans un anneau, le tendon du muscle fléchisseur profond des doigts (tendon perforant).
c) **Action** : fléchisseur des phalanges proximale et moyenne.
d) **Innervation** : nerf médian.

Extenseur commun des doigts (*extensor digitorum communis*)

C'est un muscle palpable, aplati, volumineux et superficiel, de la région postérieure de l'avant-bras (Figure 8.17). Dans les articulations de la main, c'est le muscle le plus puissant pour la flexion dorsale du poignet.

a) **Origine** : faces postérieure et inférieure de l'épicondyle latéral de l'humérus.
b) **Terminaison** : par quatre tendons sur la base de la face dorsale de la phalange distale des doigts (à l'exception du pouce).
c) **Action** : extenseur de toutes les phalanges.
d) **Innervation** : rameau profond du nerf radial.

Extenseur de l'index (*extensor indicis*)

C'est un muscle impalpable, grêle, fusiforme et profond, de la région postérieure de l'avant-bras (Figure 8.18).

a) **Origine** : tiers inférieur de la face postérieure de l'ulna.
b) **Terminaison** : fusion avec le tendon de l'extenseur commun des doigts, au niveau de l'articulation métacarpophalangienne de l'index.
c) **Action** : extenseur de l'index, il contribue à l'adduction de sa phalange proximale.
d) **Innervation** : branche profonde du nerf radial.

Extenseur du petit doigt (*extensor digiti minimi*)

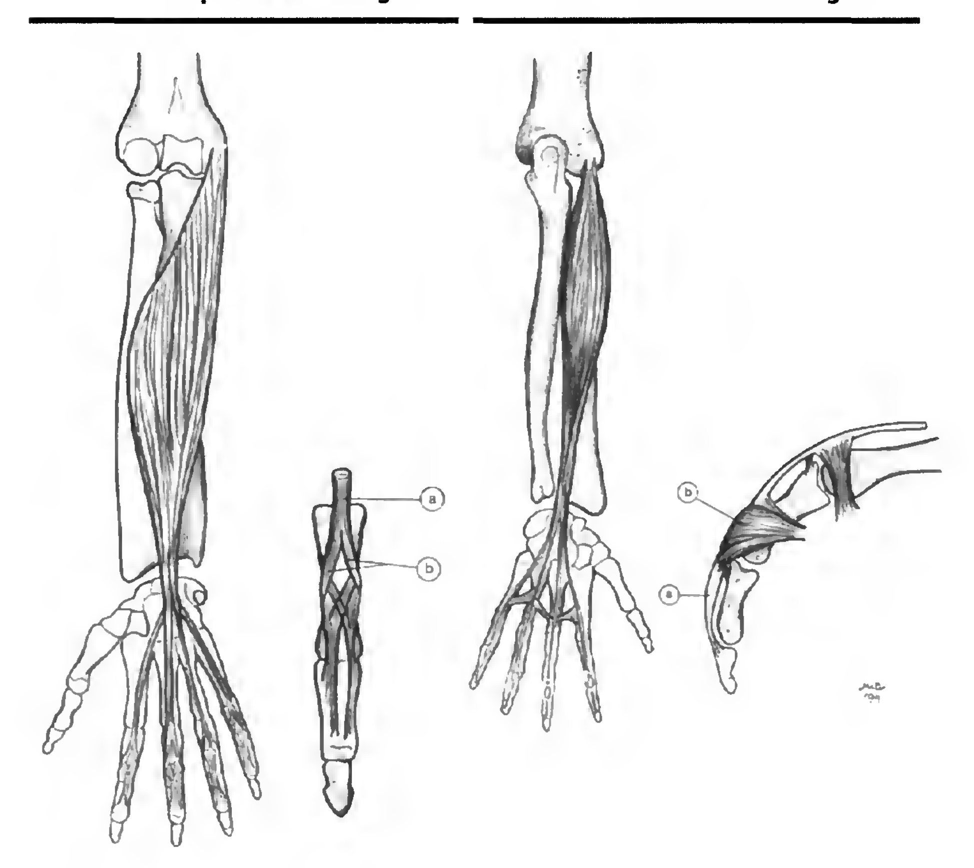
C'est un muscle impalpable, grêle, fusiforme (Figure 8.19) et superficiel, de la région postérieure de l'avant-bras. Ce muscle manque parfois et l'extenseur commun des doigts lui substitue un tendon supplémentaire.

a) **Origine** : épicondyle latéral de l'humérus.
b) **Terminaison** : dans le voisinage du métacarpien où il s'unit au tendon de l'extenseur commun destiné au doigt V.
c) **Action** : extenseur du petit doigt.
d) **Innervation** : branche profonde du nerf radial.

Le Tableau 8.2 récapitule les mouvements et les muscles agissants des doigts.

FIGURE 8.16 Face antérieure du muscle fléchisseur superficiel des doigts

FIGURE 8.17 Face postérieure du muscle extenseur commun des doigts



a. Terminaison du tendon du muscle fléchisseur superficiel des doigts (tendon perforé); b. Languettes latérales contournant le tendon du muscle fléchisseur profond des doigts pour former le chiasma.

a. Terminaison du tendon du muscle extenseur commun des doigts; b. Dossière des interosseux dorsaux.

Muscles intrinsèques

L'origine et la *terminaison* de ces petits muscles dits intrinsèques se situent sur la face palmaire de la main. Les muscles intrinsèques augmentent la précision et raffinent les mouvements des doigts. On les classe en trois groupes distincts.

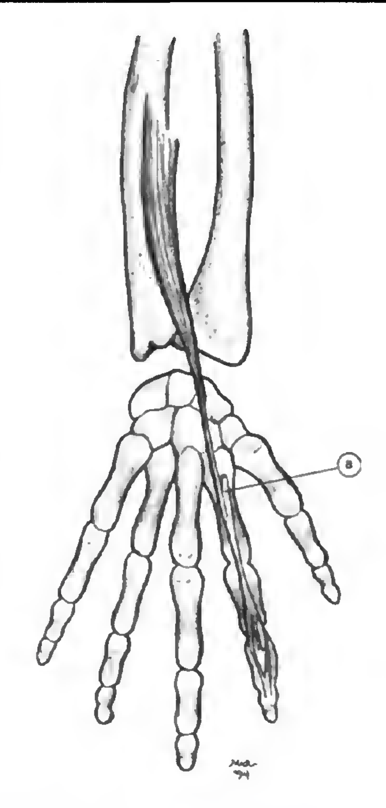
a) Muscles intermédiaires (médiopalmaires) : agissent sur toutes les phalanges, sauf sur celles du pouce.

b) Éminence hypothénar : agit sur le petit doigt, du côté médian de la main.

c) Éminence thénar : agit sur le pouce; elle est située à la base du pouce, sur la face latérale de la main.

Il n'y a aucun muscle intrinsèque sur la face dorsale de la main.

FIGURE 8.18 **Face postérieure du muscle extenseur de l'index**



a. Tendon du muscle extenseur commun des doigts.

FIGURE 8.19 **Face postérieure du muscle extenseur du petit doigt**

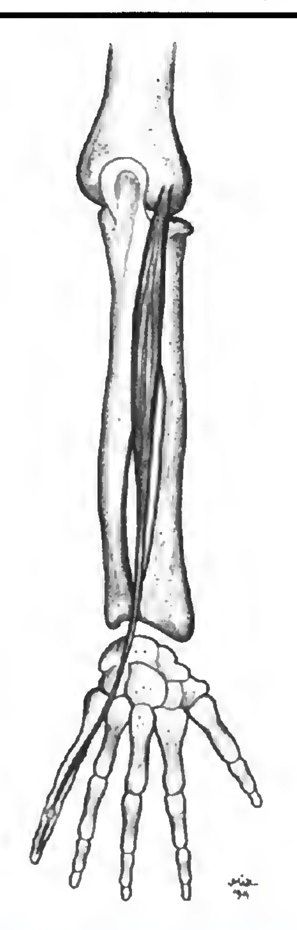


TABLEAU 8.2 **Muscles et mouvements des doigts**

Muscles \ Mouvements des doigts	Articulations métacarpophalangiennes				Articulations interphalangiennes			
					Proximale		Distale	
	Flexion	Exten.	Abduc.	Adduc.	Flexion	Exten.	Flexion	Exten.
Fléchisseur profond des doigts (*flexor digitorum profondus*)	A				P		P	
Fléchisseur superficiel des doigts (*flexor digitorum superficialis*)	P				P			
Extenseur commun des doigts (*extensor digitorum communis*)		P				P		P
Extenseur de l'index (*extensor indicis*)		P		A		P		P
Extenseur du petit doigt (*extensor digiti minimi*)		P				P		P

P : muscle principal

A : muscle auxiliaire

Muscles intermédiaires

On compte douze muscles intermédiaires (muscles du métacarpe ou groupe moyen) qui forment trois groupes importants : les lombricaux (quatre), les interosseux dorsaux (quatre) et les interosseux palmaires (quatre) (Tableau 8.3).

a) **Muscles lombricaux :** quatre petits muscles de la main, impalpables, annexés aux tendons du muscle fléchisseur profond des doigts (Figure 8.20). Ils sont fléchisseurs de la phalange proximale et extenseurs des phalanges moyenne et distale.

b) **Muscles interosseux dorsaux (de la main) :** quatre petits muscles bipennés et impalpables, situés dans les espaces intermétacarpiens (Figure 8.21). Abducteurs de la phalange proximale (ils écartent), ils contribuent à sa flexion de même qu'à l'extension des phalanges moyenne et distale.

c) **Muscles interosseux palmaires :** quatre petits muscles unipennés et impalpables de la main, qui occupent des espaces intermétacarpiens (Figure 8.22). Adducteurs de la phalange proximale (ils rapprochent), ils contribuent à sa flexion ainsi qu'à l'extension des phalanges moyenne et distale.

Éminence hypothénar

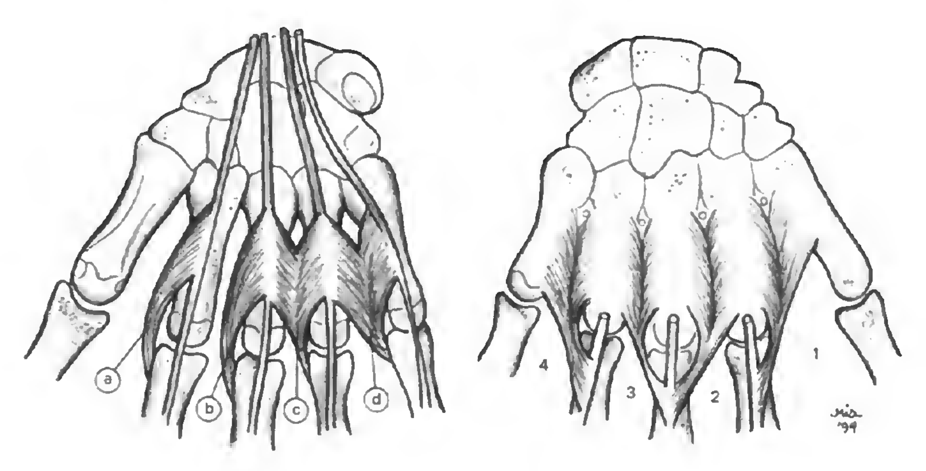
Masse musculaire voisine du petit doigt, dans la partie proximale de la paume de la main.

TABLEAU 8.3 **Muscles intermédiaires de la main**

Muscles	Origine	Terminaison	Action	Innervation
Lombricaux de la main (4) (*lumbricales manus*)	Tendons du muscle fléchisseur profond des doigts	Tendon de l'extenseur commun des doigts	Fléchisseurs de la phalange proximale et extenseurs des phalanges moyenne et distale	Nerf médian Nerf ulnaire
Interosseux dorsaux de la main (4) (*interossei dorsales manus*)	Faces latérales des métacarpiens	Sur la base des phalanges proximales 2, 3, et 4	Abducteurs des doigts	Nerf ulnaire
Interosseux palmaires (4) (*interossei palmares*)	Faces médiales des métacarpiens	Sur le côté de la base de la phalange proximale et sur le tendon de l'extenseur commun des doigts	Adducteurs des doigts	Nerf ulnaire

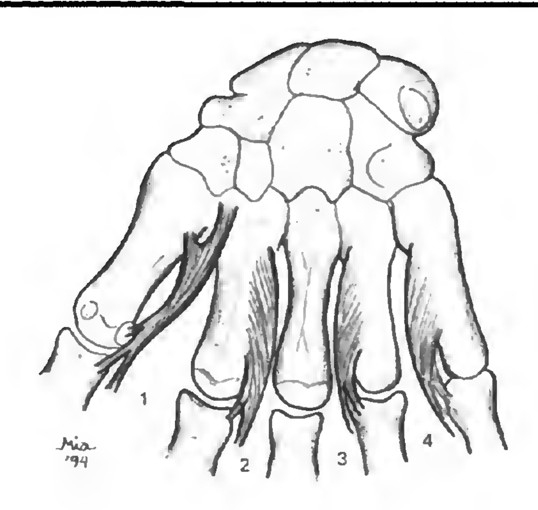
FIGURE 8.20 **Face antérieure des muscles lombricaux**

FIGURE 8.21 **Face dorsale des muscles interosseux dorsaux de la main**



a. Premier; b. Deuxième; c. Troisième; d. Quatrième lombrical.

FIGURE 8.22 **Face palmaire des muscles interosseux palmaires de la main**



L'éminence hypothénar se compose de trois muscles qui agissent sur le petit doigt : l'abducteur (*abductor digiti minimi*), le court fléchisseur (*flexor digiti minimi*) et l'opposant (*opponens digiti minimi*) (Tableau 8.4).

a) **Abducteur** : muscle superficiel, palpable et fusiforme (Figure 8.23), il est abducteur du doigt V et contribue à la flexion de la phalange proximale.

b) **Court fléchisseur** : muscle superficiel, palpable et fusiforme (Figure 8.24), il est fléchisseur de la phalange proximale. Ce muscle fait très souvent défaut.

c) Opposant : muscle triangulaire, impalpable et profond (Figure 8.25). Fléchisseur de la phalange proximale, il provoque une traction du petit doigt, à l'avant de la paume, pour lui faire rencontrer le pouce (opposition).

TABLEAU 8.4 **Éminence hypothénar**

Muscle	Origine	Terminaison	Action	Innervation
Abducteur du petit doigt	Pisiforme et rétinaculum des fléchisseurs	Partie médiale de la base de la phalange proximale du petit doigt	Abducteur du petit doigt	Nerf ulnaire
Court fléchisseur du petit doigt	Hamulus de l'os hamatum et rétinaculum des fléchisseurs	Tendon commun avec l'abducteur du petit doigt	Fléchisseur du petit doigt	Nerf ulnaire
Opposant du petit doigt	Hamulus de l'os hamatum et rétinaculum des fléchisseurs	Bord médial du métacarpien V	Opposition du petit doigt	Nerf ulnaire

FIGURE 8.23 **Face palmaire du muscle abducteur du petit doigt**

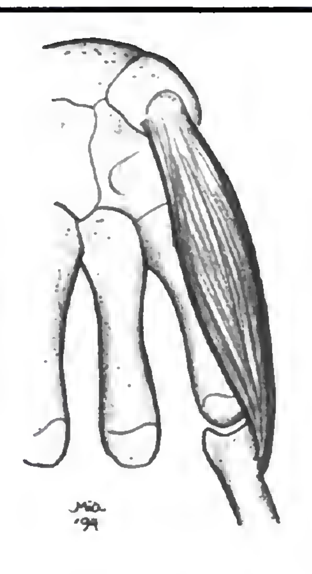
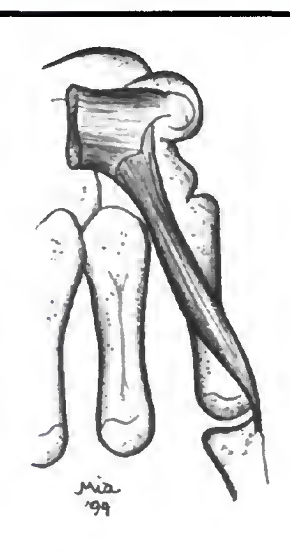


FIGURE 8.24 **Face palmaire du muscle court fléchisseur du petit doigt**



Éminence thénar

Masse musculaire située du côté du pouce, dans la partie proximale de la paume de la main.

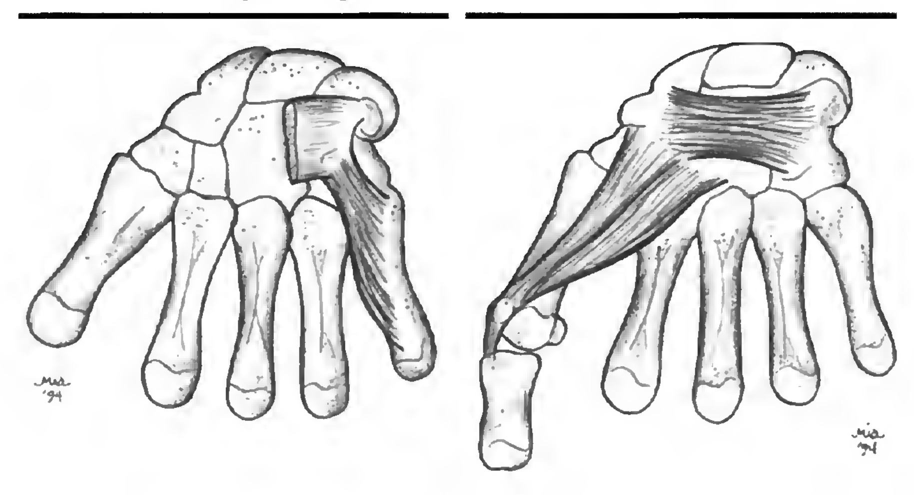
L'éminence thénar se compose de quatre muscles intrinsèques qui agissent sur le pouce : le court fléchisseur (*flexor pollicis brevis*), l'opposant (*opponens pollicis*), le court abducteur (*abductor pollicis brevis*) et l'adducteur (*adductor pollicis*) (Tableau 8.5).

a) Muscles intrinsèques

1° **Court fléchisseur** : muscle palpable et tendu des os de la rangée distale, du carpe à la phalange proximale du pouce (Figure 8.26). Il est fléchisseur de la phalange proximale.

FIGURE 8.25 **Face palmaire du muscle opposant du petit doigt**

FIGURE 8.26 **Face palmaire du court fléchisseur du pouce**



2° Opposant : muscle tendu, de l'os trapèze au métacarpien I (Figure 8.27). Son action relève de l'opposition.

3° Court abducteur : muscle superficiel et palpable, situé entre l'os scaphoïde et la phalange proximale du pouce (Figure 8.28). Il est abducteur du premier métacarpien.

4° Adducteur : muscle profond et palpable de l'éminence thénar (Figure 8.29). Il est adducteur.

De plus, quatre muscles extrinsèques à la main (logés dans l'avant-bras) agissent eux aussi sur le pouce : le long extenseur du pouce (*extensor pollicis longus*), le court extenseur du pouce (*extensor pollicis brevis*), le long abducteur du pouce (*abductor pollicis longus*) et le long fléchisseur du pouce (*flexor pollicis longus*) (Tableau 8.5).

b) Muscles extrinsèques

1° Long extenseur : muscle profond et palpable de la région postérieure de l'avant-bras tendu de l'ulna à la phalange distale du pouce (Figure 8.30). Il est extenseur de la phalange distale. Son tendon est très saillant sur le dos de la main.

2° Court extenseur : muscle profond et palpable de la région postérieure de l'avant-bras, tendu du radius et de l'ulna jusqu'à la phalange proximale du pouce (Figure 8.31). Il est extenseur de la phalange proximale.

3° Long abducteur : muscle profond et palpable de la région postérieure de l'avant-bras, tendu du radius et de l'ulna à la base du métacarpien I (Figure 8.32). Il est abducteur du métacarpien I.

TABLEAU 8.5 **Muscles agissants du pouce**

Muscles intrinsèques (Éminence thénar)

Muscle	Origine	Terminaison	Action	Innervation
Court fléchisseur du pouce	Tubercule du trapèze, rétinaculum des fléchisseurs, trapézoïde et capitatum	Partie latérale de la base de la phalange proximale du pouce	Fléchisseur de la phalange proximale du pouce	Nerf médian
Opposant du pouce	Tubercule de l'os trapèze et rétinaculum des fléchisseurs	Bord latéral du métacarpien I	Opposition	Nerf médian
Court abducteur du pouce	Tubercule du scaphoïde et rétinaculum des fléchisseurs	Bord latéral de la base de la phalange proximale du pouce	Abducteur du pouce	Nerf médian
Adducteur du pouce	Canal carpien, os capitatum, os hamatum, face palmaire du métacarpien III et face antérieure de la base du métacarpien II	Partie médiale de la base de la phalange proximale du pouce	Adducteur du pouce	Nerf ulnaire

Muscles extrinsèques

Muscle	Origine	Terminaison	Action	Innervation
Long extenseur du pouce	Face postérieure de l'ulna et membrane interosseuse antébrachiale	Face dorsale de la base de la phalange distale du pouce	Extenseur du pouce	Nerf radial
Court extenseur du pouce	Faces postérieures de l'ulna et du radius, membrane interosseuse antébrachiale	Face dorsale de la base de la phalange proximale du pouce	Extenseur de la phalange proximale du pouce	Nerf radial
Long abducteur du pouce	Faces postérieures de l'ulna et du radius, membrane interosseuse antébrachiale	Base du métacarpien I	Abducteur du pouce	Nerf radial
Long fléchisseur du pouce	Face antérieure du radius, membrane interosseuse et bord latéral du processus coronoïde	Phalange distale du pouce	Fléchisseur de la phalange distale	Nerf médian

FIGURE 8.27 **Face palmaire du muscle opposant du pouce**



FIGURE 8.28 **Face palmaire du muscle court abducteur du pouce**

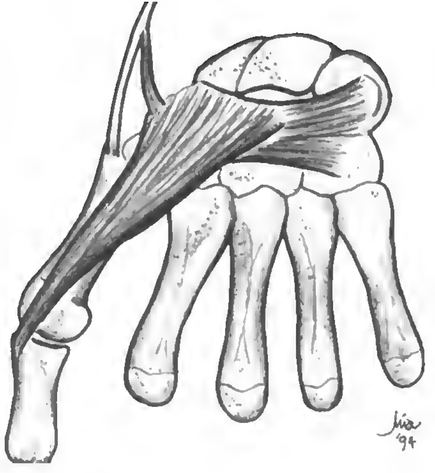
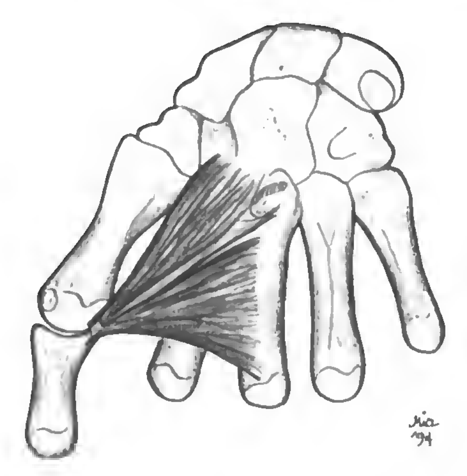


FIGURE 8.29 **Face palmaire du muscle adducteur du pouce**



4° Long fléchisseur : muscle profond et impalpable de la région antérieure de l'avant-bras, tendu du radius et de l'ulna jusqu'à la phalange distale (Figure 8.33). Il est fléchisseur de la phalange distale.

Les Figures 8.34 à 8.39 illustrent l'ensemble des muscles au niveau du poignet qui agissent sur la main.

Lésions des régions du poignet et de la main

1. Fractures

A. Fracture de l'épiphyse distale du radius

La fracture du radius, à son extrémité distale, est le type de fracture le plus fréquent. La fracture survient en règle générale lorsqu'on tombe de face, le bras en extension, ce qui a pour effet d'obliger la main à se porter en extension. La lésion

FIGURE 8.30 **Face postérleure du muscle long extenseur du pouce**

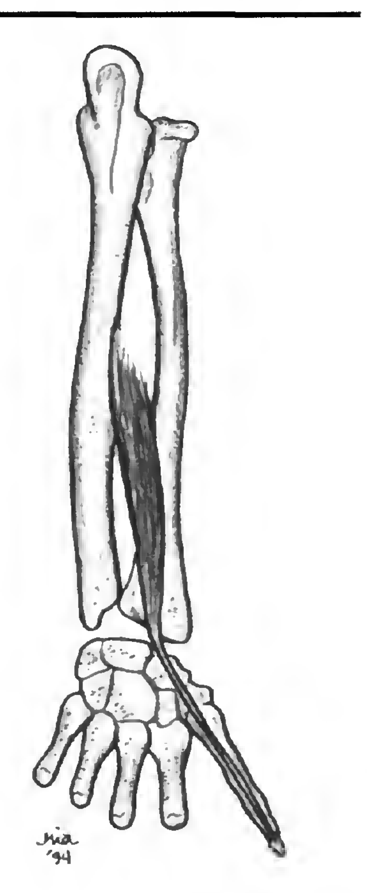


FIGURE 8.31 **Face postérieure du muscle court extenseur du pouce**



n'est pas rare chez les joueurs de hockey sur glace, de soccer et de hand-ball, les lutteurs, les skieurs alpins, etc.

B. Fracture de l'os scaphoïde

La fracture de l'os scaphoïde du poignet peut survenir en cas de chute, main fléchie en extension (talon de la main), ou de choc direct. La lésion est surtout fréquente dans les sports de contact comme le soccer, le hockey sur glace et le handball, mais elle peut également survenir en ski alpin, etc.

L'irrigation sanguine qui se fait trop lentement, spécialement lorsque la fracture touche le milieu de l'os scaphoïde, entraîne des problèmes de consolidation.

La fracture de l'os scaphoïde est la fracture la plus fréquente du poignet.

C. Fractures des os du carpe

Ces fractures sont surtout le lot des boxeurs.

D. Fractures des métacarpiens

Les fractures des métacarpiens sont particulièrement fréquentes chez les joueurs de hand-ball, de hockey sur glace, de basket-ball, de soccer, etc. La fracture peut être

FIGURE 8.32 **Face postérieure du muscle long adducteur du pouce**



FIGURE 8.33 **Face antérieure du muscle long fléchisseur du pouce**



la conséquence d'un coup direct appliqué sur le métacarpe. Un coup reçu dans l'axe du métacarpien (boxe) peut également entraîner une fracture.

La fracture du métacarpien I (pouce) qui pénètre dans l'articulation, dite « fracture de Bennett », doit dans la majorité des cas être opérée.

Ces fractures sont fréquentes chez les pugilistes, notamment la fracture du métacarpien I qui représente 50 % des fractures de la main. Les boxeurs amateurs se blessent plus souvent que les professionnels, ce qui montre l'importance d'une bonne technique de combat.

E. Fractures des phalanges

Les fractures affectent surtout la phalange proximale des trois premiers doigts.

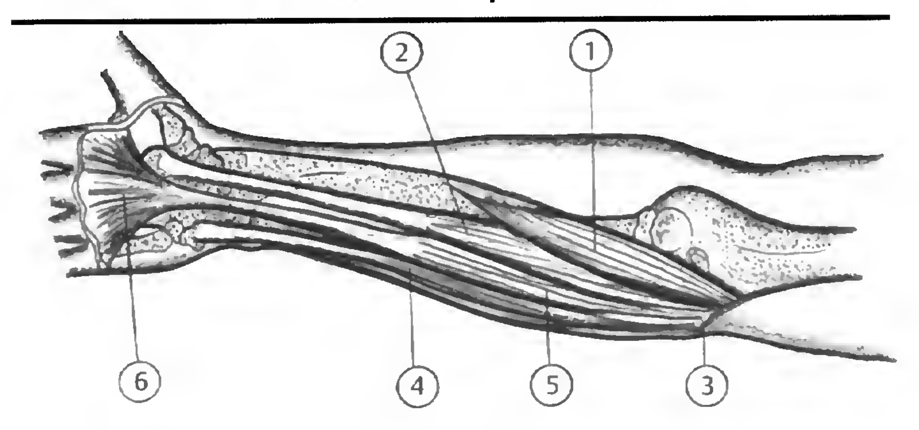
2. Tendinites

A. Tendinites du coude

A. 1 Tendinite de l'épicondyle externe de l'humérus

Cette tendinite, qu'on nomme aussi épicondylite externe ou coude du joueur de tennis, est une inflammation des tendons qui s'insèrent sur l'épicondyle externe

FIGURE 8.34 **Muscles antérieurs superficiels de l'avant-bras**

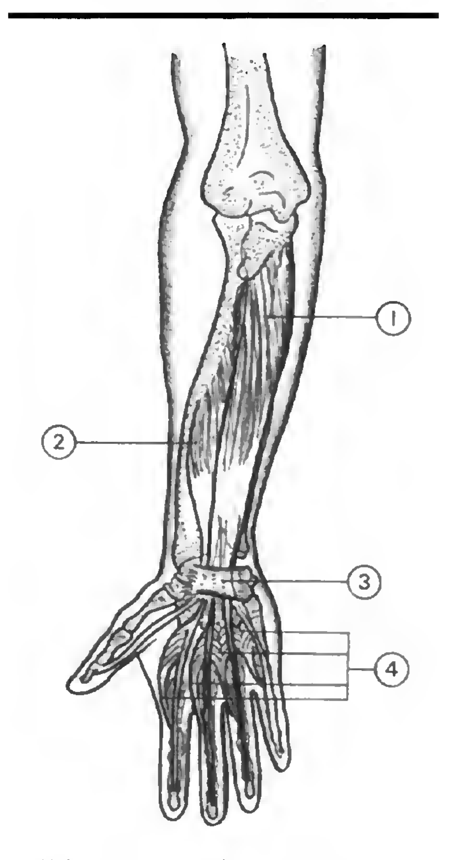


1. Rond pronateur; 2. Fléchisseur radial du carpe; 3. Épicondyle médial; 4. Fléchisseur ulnaire du carpe; 5. Long palmaire; 6. Aponévrose palmaire.

FIGURE 8.35 **Muscles superficiels de la région postérieure (A) et de la région latérale (B) de l'avant-bras**

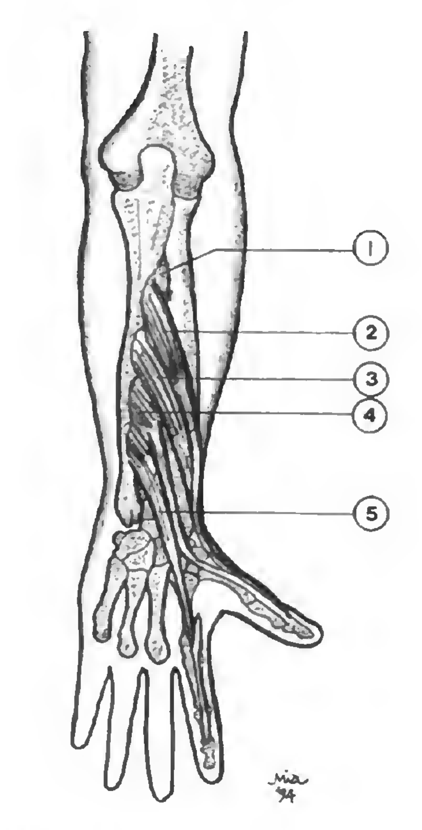
1. Épicondyle latéral; 2. Anconé; 3. Extenseur ulnaire du carpe; 4. Extenseur commun des doigts; 5. Extenseur du petit doigt; 6. Rétinaculum des extenseurs; 7. Brachioradial; 8. Long extenseur radial du carpe; 9. Court extenseur radial du carpe; 10. Base du métacarpien III.

FIGURE 8.36 Muscles antérieurs profonds de l'avant-bras



1. Fléchisseur profond des doigts; 2. Long fléchisseur du pouce; 3. Rétinaculum des fléchisseurs des doigts; 4. Lombricaux.

FIGURE 8.37 Muscles profonds de la région postérieure de l'avant-bras



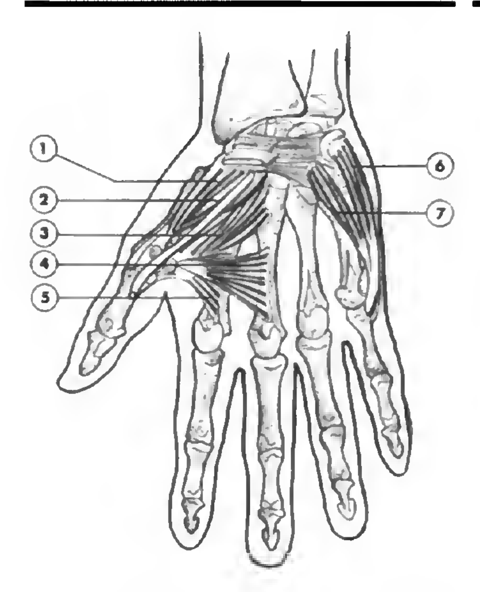
1. Membrane interosseuse 2. Long abducteur du pouce; 3. Court extenseur du pouce; 4. Long extenseur du pouce; 5. Extenseur de l'index.

de l'humérus. Cette lésion est fréquente chez les joueurs de tennis et chez les sportifs qui exécutent des mouvements unilatéraux répétés. Elle peut être introduite par une mauvaise technique au tennis. La douleur est localisée au niveau de l'épicondyle externe de l'humérus, là où les muscles qui étendent le poignet ont leur origine (Figure 8.40). En pareil cas, le poignet est faible et une douleur peut se manifester si on met les doigts en extension contre une résistance ou si on échange une poignée de main.

A. 2 Tendinite de l'épicondyle interne de l'humérus

Cette tendinite, qu'on nomme aussi épitrochléite ou coude des lanceurs de javelot et des golfeurs, est une inflammation des tendons qui s'insèrent sur l'épicondyle interne de l'humérus. Cette lésion est fréquente chez les joueurs de golf et les lanceurs (spécialement les lanceurs de javelot). La douleur est localisée au niveau de

FIGURE 8.38 Muscles de l'éminence thénar et de l'éminence hypothénar



1. Court fléchisseur du pouce (chef superficiel); 2. Court fléchisseur du pouce (chef profond); 3. Adducteur du pouce (chef oblique); 4. Adducteur du pouce (chef transverse); 5. Long fléchisseur du pouce; 6. Abducteur du petit doigt; 7. Court fléchisseur du petit doigt.

FIGURE 8.39 Vue dorsolatérale de la main

1. Rétinaculum; 2. Long abducteur du pouce; 3. Court extenseur du pouce; 4. Long extenseur du pouce; 5. Interosseux dorsal; 6. Adducteur du pouce; 7. Interosseux palmaire; 8. Extenseur des doigts.

l'épicondyle interne de l'humérus, là où les muscles qui fléchissent le poignet ont leur origine (Figure 8.41). Le poignet est alors faible et une douleur peut être ressentie si on fléchit vers le bas le poignet contre une résistance. Semblable à celle qui afflige le joueur de tennis, cette tendinite est dans la majorité des cas causée par une technique inadéquate.

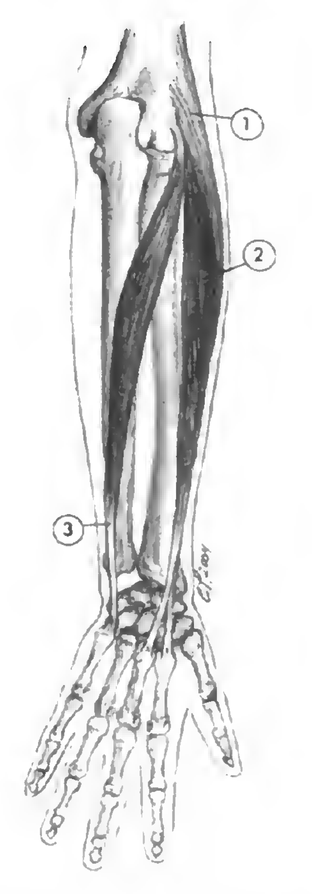
B. Tendinites du poignet et de la main

Ce sont pour la plupart des ténosynovites, puisque les gaines synoviales dans lesquelles glissent les tendons sont alors enflammées. Un exemple : la ténosynovite des fléchisseurs des doigts. Cette tendinite se rencontre surtout chez les gymnastes (exercices au sol). L'hyperextension de la main, accentuée par le poids du corps, étire les tendons des muscles fléchisseurs situés au-dessus de la face antérieure du radius et des os du poignet.

C. Rupture des tendons extenseurs des doigts

Les tendons extenseurs des doigts (doigts en « maillet »), qui s'attachent à la phalange distale des doigts, peuvent être rompus lorsque, par exemple, un ballon de vol-

FIGURE 8.40 Vue postérieure de l'avant-bras



1. Long extenseur radial du carpe ; 2. Court extenseur radial du carpe ; 3. Extenseur ulnaire du carpe.

FIGURE 8.41 Vue antérieure de l'avant-bras

1. Long palmaire ; 2. Fléchisseur ulnaire du carpe ; 3. Fléchisseur radial du carpe.

ley-ball heurte inopinément le bout des doigts et les oblige à fléchir alors qu'ils étaient en extension.

3. Luxations

A. Luxations du poignet

Au niveau du poignet, les luxations les plus fréquentes sont la luxation du lunatum et la luxation rétro-lunatum du carpe. Dans les deux cas, la lésion est consécutive à une chute sur la paume, main en hyperextension.

B. Luxations des articulations des doigts

La luxation des articulations des doigts est une lésion fréquente chez les joueurs de hand-ball, de basket-ball et de volley-ball ; dans 80 % des cas, c'est le petit doigt ou

le pouce qui est atteint. S'il y a luxation latérale de l'articulation, le ligament du côté opposé de l'articulation du doigt est lésé. Dans le cas de luxations en extension, sont en plus lésés le ligament capsulaire antérieur et les deux ligaments latéraux, à tout le moins en partie.

4. Entorses

A. Entorses du poignet

Les entorses du poignet sont souvent plus douloureuses qu'une fracture et l'impotence fonctionnelle qu'elles entraînent est plus complète.

B. Entorses des doigts

Très fréquentes chez les joueurs de volley-ball, de hand-ball et chez les gardiens de but, ces entorses sont très douloureuses et guérissent lentement. L'articulation reste longtemps fragile.

B. 1 Entorse du pouce (articulation métacarpophalangienne)

Quand, du fait d'un traumatisme, le pouce est rompu ou déchiré dans la partie interne de l'articulation métacarpophalangienne, il y a lésion du ligament latéral interne du pouce. La lésion peut survenir, par exemple, lorsque le bâton du hockeyeur est soumis à un choc violent ou lorsque le skieur fait une chute en gardant son bâton à la main, et lorsque le hand-balleur se cogne le pouce. Le ligament latéral externe est rarement atteint (dix fois moins souvent que l'interne).

B. 2 Entorses des autres doigts

Les lésions des ligaments des doigts sont fréquentes. Les ligaments latéraux des articulations des doigts sont souvent blessés au hand-ball, au volley-ball et au basket-ball.

5. Syndrome du canal carpien

Un nerf de la main, le nerf médian, passe sur la face antérieure du poignet dans un canal étroit dit « canal carpien ». À la suite d'une inflammation chronique des tendons et des gaines synoviales, d'une fracture du poignet mal guérie, d'une infection de la main, etc., ce canal peut devenir plus étroit, si bien que le nerf médian est dès lors soumis à une augmentation de pression (compression). Le sujet atteint peut alors ressentir une douleur lancinante, des douleurs irradiantes et un engourdissement au niveau du pouce, de l'index, du médius et de la moitié de l'annulaire. Les symptômes se manifestent habituellement la nuit ; on les décrit couramment comme une main « qui dort ».

Le saviez-vous ?

1. Seule la main humaine a un pouce qui peut s'opposer aux autres doigts, ce qui lui donne de la force et de la précision. Ce n'est pas le cas chez le babouin, le gorille et l'orang-outang.

2. Chez l'humain, au début du développement, les paumes des mains sont en position de supination.
3. Le pouls radial est plus facile à trouver que le pouls ulnaire.
4. La tabatière anatomique est localisée sur les faces dorsale et latérale du poignet. Elle est plus apparente lors de l'extension du pouce. De forme ovalaire, elle est délimitée en dehors, par les tendons accolés des muscles long abducteur et du court extenseur du pouce et, en dedans, par le tendon du muscle long extenseur du pouce.
5. L'amplitude des mouvements des articulations des doigts est artificiellement « normalisée ». En effet, les variations individuelles des amplitudes des mouvements des doigts sont très grandes et varient selon la race, l'âge, le sexe et le métier. Les doigts d'une jeune pianiste sont plus souples que ceux d'un cultivateur ou d'un mineur du même âge.
6. La position des articulations interphalangiennes ne correspond pas aux plis cutanés de flexion.
7. Si les rétinaculums étaient absents, les tendons feraient saillie lors des mouvements de flexion ou d'extension au niveau du poignet.
8. L'aponévrose palmaire est une formation fibreuse de la paume de la main située entre les éminences thénar et hypothénar, c'est elle qui donne l'aspect lisse, à l'intérieur de la main. Elle est formée de fibres longitudinales et de fibres transversales.
9. L'aponévrose dorsale du doigt est une formation fibreuse surcroisant un tendon extenseur des doigts.

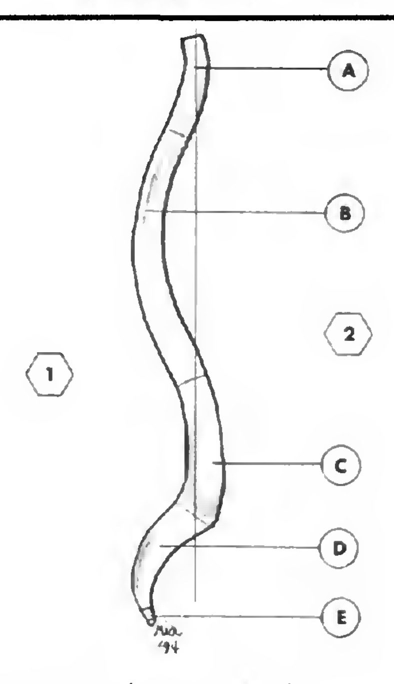
CHAPITRE 9

Colonne vertébrale

Os de la colonne vertébrale

Axe osseux et résistant, la colonne vertébrale ou rachis est constituée par la superposition des vertèbres. Sinueuse, elle est logée dans la partie médiane et dorsale du tronc. Creusée d'un canal longitudinal, le canal vertébral, elle contient notamment la moelle spinale (épinière). Elle forme, avec le crâne, le squelette axial dorsal. Chez l'adulte, on distingue deux colonnes. D'abord, une colonne mobile et flexible, qui s'élargit de haut en bas et qui est formée de vraies vertèbres (vertèbres indépendantes), au nombre de 24 (7 cervicales, 12 dorsales et 5 lombales). L'autre colonne, fixe et rigide, est constituée de fausses vertèbres (vertèbres soudées) : les sacrales (5) et les coccygiennes (4 à 6). Ces vertèbres forment le sacrum et le coccyx. La colonne vertébrale adulte compte donc 26 os distincts (Figure 9.1). La

FIGURE 9.1 **Face latérale de la colonne vertébrale**



1. Arrière; 2. Avant; A. Vertèbres cervicales; B. Vertèbres thoraciques; C. Vertèbres lombales; D. Vertèbres sacrales; E. Vertèbres coccygiennes.

colonne vertébrale embryonnaire, quant à elle, comprend 33 ou 34 vertèbres, toutes flexibles puisque les sacrales et les coccygiennes ne sont pas encore soudées (Kahle, Leonhardt et Platzer, 1988).

Vertèbre

La vertèbre est un os pourvu de rayons (Figure 9.2). Elle comprend une partie ventrale volumineuse, le corps, et une partie dorsale, l'arc vertébral. Ces deux parties circonscrivent le foramen vertébral. L'arc postérieur se compose de plusieurs segments : deux pédicules, deux lames et sept processus (un épineux, deux transverses et quatre articulaires). Voici les différentes parties de la vertèbre typique.

a) **Corps (spondyle) :** partie ventrale volumineuse et résistante de la vertèbre. C'est un segment de cylindre échancré dans sa partie dorsale. Ses faces supérieure et inférieure comportent une légère excavation centrale, cernée par le bourrelet marginal. Les corps vertébraux sont séparés l'un de l'autre par des disques intervertébraux.

b) **Foramen vertébral (trou vertébral) :** orifice borné par le corps et l'arc vertébral. Arrondi ou triangulaire, il est délimité par la face dorsale du corps vertébral, les faces internes des pédicules et les faces antérieures des lames. La superposition des trous vertébraux constitue le canal vertébral.

c) **Pédicule :** portion de l'arc vertébral fixée au corps vertébral. Le pédicule est situé entre le corps vertébral et l'union d'un processus transverse et d'un processus articulaire. Ses bords supérieur et inférieur, échancrés, délimitent le foramen intervertébral. Chaque vertèbre possède deux pédicules.

d) **Foramen intervertébral (trou intervertébral) :** orifice des parties latérales de la colonne vertébrale mobile. Il est borné par la superposition des incisures vertébrales supérieure et inférieure.

e) **Disque intervertébral :** fibrocartilage qui s'interpose entre les surfaces articulaires de deux corps vertébraux superposés. Chacun des 23 disques intervertébraux présente la forme d'une lentille biconvexe. Son épaisseur, qui conditionne l'amplitude des mouvements, varie selon la région : au niveau cervical, il mesure de 5 à 6 mm ; au niveau du rachis thoracique, de 3 à 4 mm ; au niveau du rachis lombal, de 10 à 12 mm. Le disque est constitué de deux parties, d'origine embryologique et de structures différentes : l'une, périphérique (anneau fibreux) ; l'autre, centrale (nucleus pulposus) (Figure 9.30).

   L'anneau fibreux est la partie périphérique du disque intervertébral. Il est formé de lamelles fibro-cartilagineuses concentriques qui s'insèrent sur les corps vertébraux. Les fibres qui le composent sont verticales sur les lamelles périphériques et sont obliques sur les autres. L'obliquité varie d'une lamelle à l'autre. L'entrecroisement de ses fibres permet à l'anneau de résister aux mouvements

de torsion ; sa composante cartilagineuse lui permet d'amortir les pressions subies par la colonne vertébrale. Il dérive du sclérotome.

Le nucleus pulposus est la zone centrale du disque intervertébral. C'est une masse gélatineuse transparente, solidaire de l'anneau fibreux par l'existence de tractus fibreux. Ses propriétés physiques en font un corps inextensible et incompressible, mais très déformable. Mobile, légèrement décentré vers l'arrière, il se déplace au fil des mouvements vertébraux qu'il favorise. Il se calcifie chez le vieillard. Il dérive de la notochorde. Le nucleus pulposus loge toujours à l'arrière du centre du disque. Il prédispose aux hernies discales vers l'arrière, donc vers la moelle spinale, d'où le grand danger de paralysie. Les mouvements de flexion-rotation sont les plus nocifs pour les disques et prédisposent plus que les autres mouvements à la formation d'une hernie discale.

Les disques représentent environ 20 % de la longueur totale du rachis. Chaque disque est séparé du tissu osseux spongieux par une couche de cartilage hyalin. Dans les colonnes cervicale et lombaire, ils ont plus de hauteur à l'avant qu'à l'arrière. L'inverse vaut pour la colonne dorsale.

Les astronautes qui passent plusieurs mois en apesanteur dans l'espace constatent, à leur retour sur Terre, qu'ils ont gagné en taille 3 cm ou plus, probablement à cause de l'absence de pesanteur (qui ne comprime plus les disques). La compression des disques pendant la journée entraîne une légère réduction de la taille du corps, entre le matin et le soir (les disques perdent de l'eau du fait de la pression qu'ils subissent).

f) **Lame** : portion aplatie de l'arc vertébral qui se prolonge dans le processus épineux. Elle est comprise entre la base du processus épineux, d'une part, et les processus transverses et articulaires, d'autre part. Chaque vertèbre possède deux lames.

g) **Processus épineux** : lamelle osseuse médiane de l'arc postérieur de la vertèbre. Il prolonge à l'arrière l'union des lames vertébrales. (C'est la partie que l'on touche au centre du dos, depuis le bas de la tête jusqu'au coccyx.)

h) **Processus transverse** : processus latéral à l'axe vertébral. Il se détache à la jonction d'un pédicule et d'une lame. On en dénombre deux par vertèbre : le droit et le gauche.

i) **Arc vertébral (arc postérieur)** : forme la partie dorsale de la vertèbre. Constitué de deux pédicules et de deux lames dont se détachent sept processus (quatre articulaires, deux transverses et un épineux), il limite latéralement et postérieurement le foramen vertébral.

j) **Processus articulaire (zygapophyse)** : colonnette osseuse implantée verticalement sur l'arc vertébral, la jonction des pédicules et des lames. Au nombre de quatre pour chaque vertèbre (deux supérieurs et deux inférieurs), ils permettent aux vertèbres de s'articuler les unes aux autres.

Caractéristiques des vertèbres

Chacune des régions du rachis (c'est-à-dire les régions cervicale, dorsale, lombale, sacrale et coccygienne) comprennent des vertèbres dont les caractères particuliers les différencient de la vertèbre typique. Examinons-les une à une.

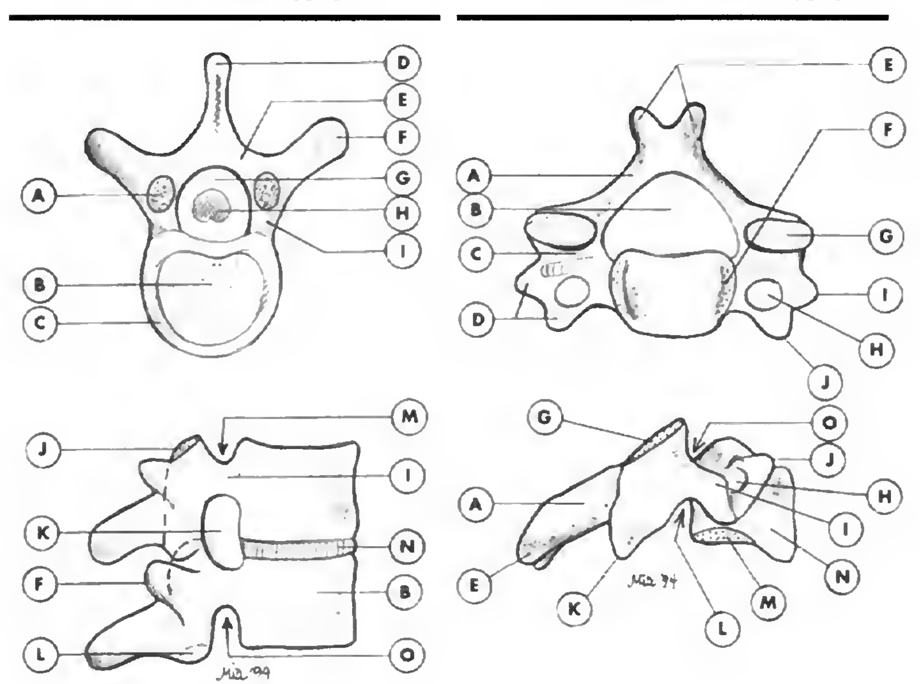
a) **Vertèbres cervicales (rachis cervical)** : au nombre de sept, elles sont les plus petites des vraies vertèbres (Figure 9.3). Voici les particularités essentielles de la vertèbre cervicale type.

   1° Un corps vertébral rectangulaire et petit, dont la face supérieure est limitée latéralement par deux éminences, les uncus du corps.

   2° Des pédicules courts, plats et obliques, implantés dans la partie postérolatérale du corps.

FIGURE 9.2 **Faces supérieure (en haut) et latérale (en bas) d'une vertèbre typique**

FIGURE 9.3 **Faces supérieure (en haut) et latérale (en bas) d'une vertèbre cervicale typique**



A. Processus articulaire; B. Corps vertébral; C. Bourrelet marginal; D. Processus épineux; E. Lame vertébrale; F. Processus transverse; G. Foramen vertébral; H. Moelle spinale; I. Pédicule vertébral; J. Processus articulaire supérieur; K. Foramen intervertébral; L. Processus articulaire inférieur; M. Incisure vertébrale supérieure; N. Disque intervertébral; O. Incisure vertébrale inférieure.

A. Lame; B. Foramen; C. Pédicule; D. Processus transverses; E. Processus épineux; F. Uncus; G. Processus articulaire supérieur; H. Foramen transversal; I. Tubercule postérieur; J. Tubercule antérieur; K. Processus articulaire inférieur; L. Incisure vertébrale inférieure; M. Biseau articulaire; N. Corps vertébral; O. Incisure vertébrale supérieure.

3° Des processus transverses courts et bituberculés (tubercules antérieur et postérieur). Ils présentent un orifice circulaire, le foramen transversal (seul élément propre aux sept cervicales), qui livre passage au nerf et aux vaisseaux vertébraux.

4° Des lames minces.

5° Un processus épineux horizontal, court et bifide (à deux pointes).

6° Un foramen vertébral, grand et triangulaire, à base antérieure.

7° Des processus articulaires supérieurs (orientés vers le haut et l'arrière) et inférieurs (orientés vers le bas et l'avant).

Trois vertèbres cervicales méritent une attention particulière : la première cervical (atlas), la deuxième cervicale (axis) et la septième cervicale (vertèbre proéminente).

Atlas : première vertèbre cervicale. L'appellation métaphorique de cette vertèbre s'explique du fait qu'elle supporte la tête, comme Atlas la terre. Elle se caractérise par deux masses latérales que réunissent deux arcs osseux : l'un, antérieur, et l'autre, postérieur (Figure 9.4).

La face supérieure de la masse latérale abrite la fovea articulaire supérieure qui s'articule avec le condyle occipital. La face inférieure de la masse latérale abrite la fovea articulaire inférieure qui répond à celle des processus articulaires supérieurs de l'axis. La face médiale de la masse latérale porte un tubercule sur lequel s'insère le ligament transverse de l'atlas. La face latérale comporte le foramen transversal logé dans le processus transverse.

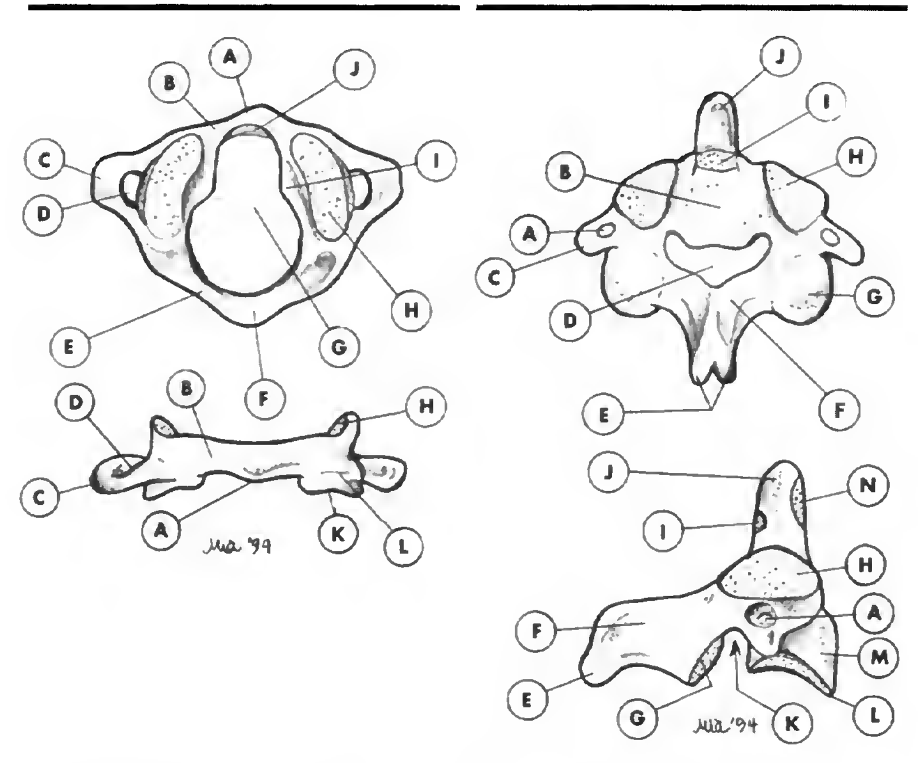
L'arc antérieur abrite, sur sa ligne médiane antérieure, le tubercule antérieur sur lequel s'insèrent le ligament longitudinal ventral et les muscles longs du cou. À l'arrière de l'arc antérieur, la fovea dentis s'articule avec la surface articulaire antérieure de l'axis. L'arc postérieur présente, sur sa face postérieure un tubercule postérieur.

Axis : deuxième vertèbre cervicale. Elle se caractérise par une saillie cylindroïde à direction crâniale, la dent de l'axis, qui est un processus odontoïde et un prolongement du corps vertébral vers le haut (Figure 9.5). Cette dent présente une surface articulaire antérieure qui répond à celle de l'arc antérieur de l'atlas et une surface postérieure qui s'articule avec le ligament transverse de l'atlas. De chaque côté de la dent sont visibles les deux facettes articulaires des processus articulaires supérieurs. L'axis est pourvu de deux pédicules très épais et de deux lames très épaisses qui présentent, sur leur face inférieure, les deux processus articulaires inférieurs. La dent de l'axis est munie d'un processus épineux massif, saillant et bifurqué. Les processus transverses sont petits et unituberculés. Le foramen vertébral est de direction oblique.

Vertèbre proéminente : septième vertèbre cervicale. Elle se caractérise par un processus épineux long, épais, unituberculé et très oblique à la base et à l'arrière.

FIGURE 9.4 Faces supérieure (en haut) et antérieure (en bas) de l'atlas

FIGURE 9.5 Faces postérosupérieure (en haut) et latérale (en bas) de l'axis



A. Tubercule antérieur; B. Arc antérieur; C. Processus transverse; D. Foramen transversal; E. Arc postérieur; F. Tubercule postérieur; G. Ligament transverse; H. Fovea articulaire supérieure; I. Tubercule; J. Fovea dentis; K. Fovea articulaire inférieure; L. Masse latérale de l'atlas.

A. Foramen transversaire; B. Face postérieure du corps; C. Processus transverse; D. Foramen; E. Processus épineux; F. Lame; G. Processus articulaire inférieur; H. Processus articulaire supérieur; I. Surface articulaire postérieure; J. Dent; K. Incisure inférieure; L. Bec; M. Corps; N. Surface articulaire antérieure de la dent.

Son tubercule est facilement palpable. C'est la première masse osseuse perceptible à la base du cou, alignée sur le centre du dos, lorsqu'on penche la tête vers l'avant. Les processus transverses de cette vertèbre sont larges et longs, à sommets arrondis.

b) Vertèbres thoraciques (rachis thoracique) : au nombre de douze, ces vertèbres forment le segment thoracique de la colonne vertébrale (Figure 9.6). Voici les principales caractéristiques de la vertèbre thoracique type.

1° Un corps cylindrique, aux faces supérieure et inférieure légèrement excavées, dont la partie postérieure du pourtour abrite les fosses costales supérieure et inférieure.

2° Des pédicules arrondis et horizontaux qui présentent, sur leur bord supérieur, une incisure peu marquée et, sur leur bord inférieur, une incisure très marquée.

3° Des lames minces et orientées vers le bas.

4° Un foramen quasi circulaire.

5° Des processus transverses dont la face antérieure de l'extrémité libre abrite la fosse costale transversale.

6° Des processus articulaires supérieurs et inférieurs qui se fixent à la jonction des pédicules et des lames.

7° Un processus épineux long et orienté vers le bas.

8° Une ou deux fosses costales sur chaque côté de la vertèbre (caractéristique propre à toutes les vertèbres dorsales).

Les vertèbres thoraciques singulières sont la première (T1) et les trois dernières (T10, T11 et T12). La première ressemble à une vertèbre cervicale. La fosse costale supérieure est la seule qui réponde à la première côte. Les trois dernières vertèbres thoraciques sont apparentées à une vertèbre lombale : elles ne possèdent qu'une fosse costale et les processus transverses de T11 et T12 sont dépourvus de fosse costale transversaire.

c) **Vertèbres lombales** (lombaires) : au nombre de cinq, elles forment le segment lombal de la colonne vertébrale (Figure 9.7). Les corps et les disques des vertèbres lombaires sont légèrement plus épais à l'avant qu'à l'arrière, ce qui induit une courbure lombaire convexe vers l'avant ou une lordose lombaire. Voici les principales caractéristiques de la vertèbre lombale type.

1° Un corps vertébral très volumineux.

2° Des pédicules très épais.

3° Des lames épaisses et hautes.

4° Un processus épineux trapu et horizontal, renflé à son extrémité libre.

5° Un foramen vertébral de forme triangulaire.

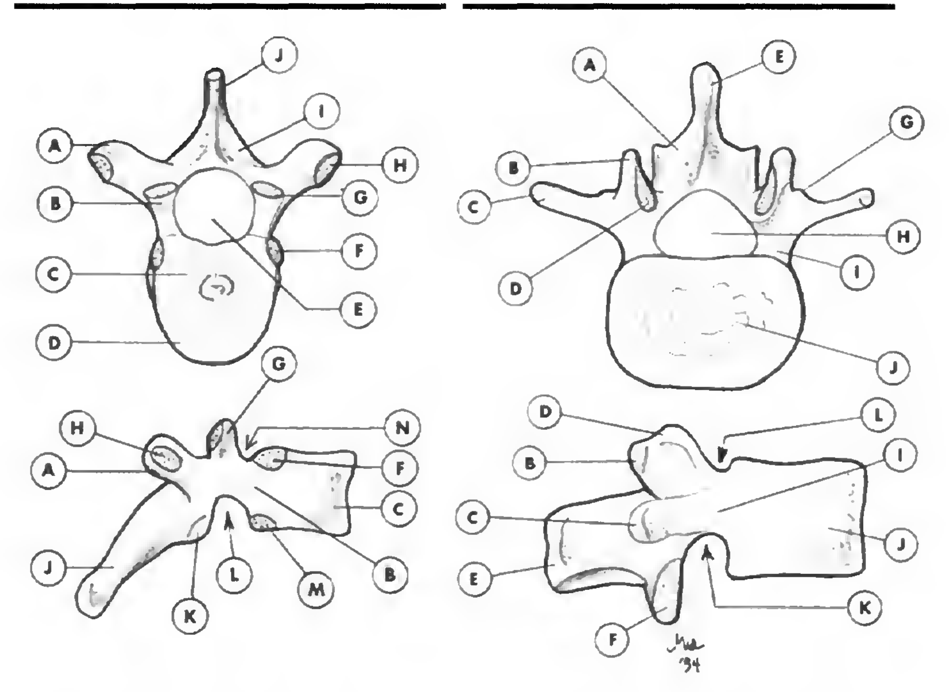
6° Des processus transverses (costiformes) grêles qui comportent, près de leur origine, un processus accessoire.

7° Des processus articulaires épais, essentiellement orientés vers l'intérieur, pour ce qui est des supérieurs, et vers l'extérieur pour ce qui est des inférieurs. Le bord postérieur d'un processus articulaire supérieur abrite le processus mamillaire.

d) **Vertèbres sacrales** (sacrées) : au nombre de cinq et soudées ensemble, ces vertèbres fausses constituent le sacrum (Figure 9.8). *Sacrum* est un mot latin qui veut dire « os sacré ». On offrait cet os aux dieux lorsqu'on immolait des animaux. Chez l'homme, le sacrum est plus allongé et sa courbure est plus accentuée.

FIGURE 9.6 Faces supérieure (en haut) et latérale (en bas) de la vertèbre dorsale typique

FIGURE 9.7 Faces supérieure (en haut) et latérale (en bas) de la vertèbre lombale typique



A. Processus transverse; B. Pédicule; C. Corps; D. Bourrelet marginal; E. Foramen; F. Fosse costale supérieure; G. Processus articulaire supérieur; H. Fosse costale transversaire; I. Lame; J. Processus épineux; K. Processus articulaire inférieur; L. Incisure inférieure; M. Fosse costale inférieure; N. Incisure supérieure.

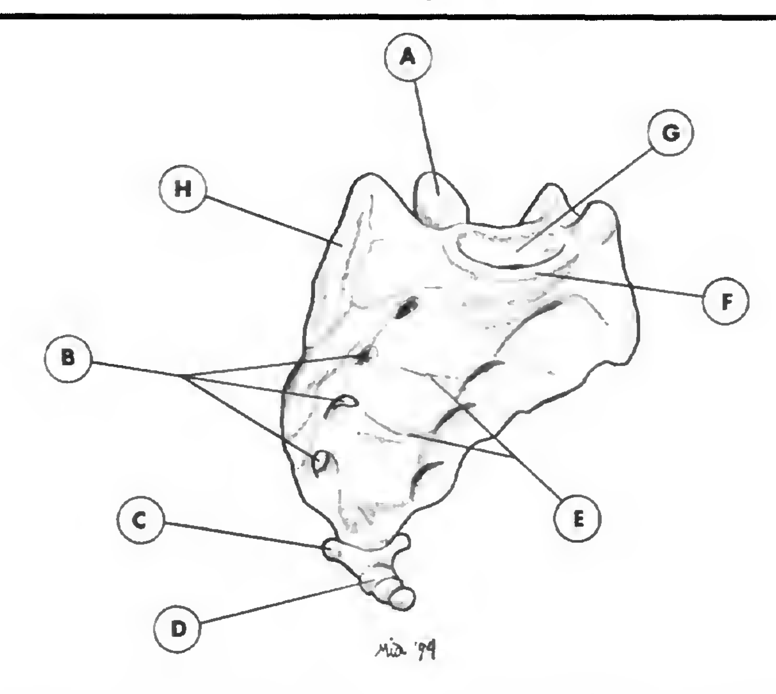
A. Lame; B. Processus mamillaire; C. Processus costiforme ou transverse; D. Processus articulaire supérieur; E. Processus épineux; F. Processus articulaire inférieur; G. Processus accessoire; H. Foramen vertébral; I. Pédicule; J. Corps; K. Incisure vertébrale inférieure; L. Incisure vertébrale supérieure.

Chez la femme, il est plus court et plus large, et sa courbure est moins prononcée. Chez environ un tiers de la population, les vertèbres sacrées sont au nombre de six. La sacralisation d'une vertèbre lombaire est la fusion osseuse de la dernière vertèbre lombaire avec le sacrum. On observe plus fréquemment ce phénomène chez l'homme que chez la femme. Os impair situé dans la partie caudale de la colonne vertébrale, le sacrum forme, avec le coccyx sous-jacent, la colonne vertébrale fixe. Il épouse la forme d'une pyramide inversée; sa face dorsale est convexe et sa face pelvienne, concave. Sa base s'articule avec L5; ses deux faces latérales, avec les os coxaux. Voici les principales parties du sacrum.

1° Les processus articulaires supérieurs du sacrum sont situés à l'arrière et de chaque côté de sa base. Leur facette articulaire est dirigée vers l'arrière.

2° Les ailes qui forment les parties supérieures et latérales de l'os sont réunis au centre par la base.

FIGURE 9.8 **Face antérosupérieure du sacrum**



A. Processus articulaire supérieur ; B. Foramens sacraux ventraux ; C. Corne latérale accessoire du coccyx ; D. Coccyx ; E. Lignes transverses ; F. Promontoire ; G. Base du sacrum ; H. Surface auriculaire.

3° Les foramens sacraux pelviens et dorsaux, respectivement situés sur la face antérieure et postérieure, sont au nombre de quatre de chaque côté. Ils traversent le sacrum de part en part et sont disposés verticalement, vis-à-vis des processus articulaires supérieurs.

4° La base circulaire constitue la surface de contact du disque intervertébral qui sépare le sacrum de la dernière vertèbre. Le promontoire du sacrum est une saillie vers l'avant du bord supérieur du sacrum et sert de point de repère pour mesurer le bassin.

5° La surface auriculaire de chaque aile est en relation avec la surface auriculaire de l'os coxal.

6° Les lignes transverses sont quatre crêtes transversales de la face pelvienne (antérieure) du sacrum. Chacune de ces lignes est le résultat de la soudure de deux vertèbres sacrales.

d) Vertèbres coccygiennes : au nombre de quatre à six, les vertèbres coccygiennes sont les vertèbres caudales de la colonne vertébrale (Figure 9.8). Elles sont le plus souvent soudées ensemble pour constituer le coccyx. Ces vertèbres atrophiées correspondent, chez l'homme, à un reliquat du squelette de la queue des mammifères. Elles forment un triangle inversé dont la partie la plus large se prolonge dans des processus transverses. Voici les principales parties du coccyx.

1° Les cornes coccygiennes sont des saillies osseuses verticales de la base du coccyx. Au nombre de deux, elles sont implantées de chaque côté de la face postérieure de la surface articulaire du coccyx. Elles correspondent aux processus articulaires supérieures de CO1.

2° La corne latérale accessoire est une saillie osseuse inconstante du bord latéral du coccyx qui correspond au processus transverse de CO2 ou de CO3.

Le Tableau 9.1 récapitule les principales caractéristiques des vertèbres cervicales, thoraciques, lombales et sacrales.

Articulations de la colonne vertébrale

Articulations de la colonne vertébrale et du crâne

Ces articulations, qui unissent la tête et la colonne vertébrale, sont complexes (Norkin et Levangie, 1992). Elles mettent en présence l'occipital, l'atlas et l'axis, et comprennent plusieurs articulations synoviales : deux atlantooccipitales, une atlantoaxioïdienne médiane et deux atlantoaxoïdiennes latérales. Toutes ces articulations, très mobiles et résistantes, sont interdépendantes dans leurs mouvements.

a) **Articulation atlantooccipitale** : articulation paire qui unit l'atlas et l'os occipital (Figure 9.9). C'est une articulation synoviale de type double condylaire (ellipsoïde).

TABLEAU 9.1 **Principales caractéristiques des vertèbres**

	Cervicales (7)	Thoraciques (12)	Lombales (5)	Sacrales (5)
Corps vertébral	Rectangulaire et petit	Cylindrique avec fosses costales	Volumineux	Les 5 vertèbres sacrales sont soudées les unes aux autres
Pédicules	Courts, plats et obliques	Arrondis et horizontaux	Épais	
Processus articulaires	Supérieurs (2) et inférieurs (2)	Supérieurs (2) et inférieurs (2)	Supérieurs (2) et inférieurs (2)	Crête sacrale intermédiaire
Processus transverses	Courts, bituberculés et perforés	Présente des fosses costales transversaires	Grêles et renflés	Crête sacrale latérale
Lames	Minces	Minces et obliques	Épaisses et hautes	Gouttière sacrale dorsale
Processus épineux	Horizontal, court et bifide	Long et oblique	Trapu et horizontal	Crête sacrale médiane
Foramen vertébral	Grand et triangulaire	Arrondi	Triangulaire	Canal sacral

1° **Surfaces articulaires** : deux condyles de l'occipital et deux foveas articulaires supérieures de l'atlas.

2° **Capsule articulaire** : membrane fibreuse épaisse à l'arrière et sur les côtés, mais très mince sur sa face médiale.

3° **Ligaments** : membrane atlantooccipitale antérieure, membrane atlantooccipitale postérieure et ligament atlantooccipital latéral.

4° **Anatomie fonctionnelle** : flexion, extension et inclinaison latérale de la tête (non reconnue par certains auteurs).

b) **Articulation atlantoaxoïdienne médiane** : l'une des articulations qui unissent l'atlas à l'axis (Figure 9.9). Articulation trochoïde, elle comprend deux articulations distinctes : l'une, antérieure, l'articulation atlantoaxoïdienne médiane antérieure ; l'autre, postérieure, l'articulation atlantoaxoïdienne médiane postérieure.

1° **Surfaces articulaires** : surfaces antérieure et postérieure de la dent de l'axis, fovea dentis de l'atlas et surface cartilagineuse de la face antérieure du ligament transverse de l'atlas.

2° **Capsule articulaire** : lâche, elle délimite deux cavités synoviales.

3° **Ligaments** : ligament de l'apex de la dent, ligaments alaires, ligament cruciforme (formé de faisceaux longitudinaux et du ligament transverse) et membrane tectoria.

4° **Anatomie fonctionnelle** : rotation.

c) **Articulation atlantoaxoïdienne latérale** : articulation paire qui unit l'atlas et l'axis (Figure 9.9), elle est plane (arthrodie).

1° **Surfaces articulaires** : fovea articulaire inférieure de l'atlas et processus articulaire supérieur de l'axis.

2° **Capsule articulaire** : résistante.

3° **Ligaments** : ligaments atlantoaxoïdien antérieur et atlantoaxoïdien postérieur.

4° **Anatomie fonctionnelle** : glissements.

Articulations de la colonne vertébrale

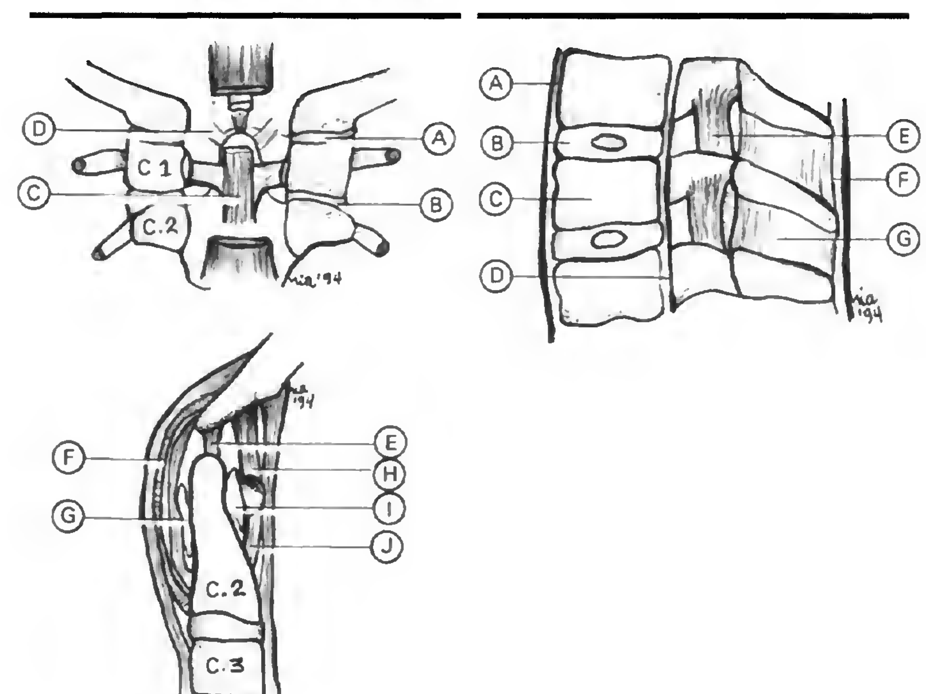
Par leur corps et leurs processus articulaires, ces articulations unissent les vertèbres entre elles (Figure 9.10).

a) **Articulation des corps vertébraux** : articulations cartilagineuses (symphyses) (Figure 9.10).

1° **Surfaces articulaires** : corps vertébraux.

FIGURE 9.9 Articulations atlantooccipitale et atlantoaxoïdienne (coupe frontale et vue postérieure, en haut et coupe sagittale médiale et vue interne, en bas)

FIGURE 9.10 Articulations intervertébrales



A. Articulation atlantooccipitale; B. Articulation atlantoaxoïdienne latérale; C. Ligament cruciforme; C.1 Atlas; C.2 Axis; C.3 Troisième vertèbre cercivale; D. Ligament alaire; E. Ligament de l'apex de la dent; F. Membrana tectoria G. Articulation atlantoaxoïdienne médiane postérieure; H. Membrane atlantooccipitale antérieure I. Articulation atlantoaxoïdienne médiane antérieure; J. Ligament atlantoaxoïdien antérieur.

A. Ligament longitudinal antérieur; B. Disque intervertébral; C. Corps vertébral; D. Ligament longitudinal postérieur; E. Ligament jaune; F. Ligament supraépineux; G. Ligament interépineux.

2° Ligaments : ligament longitudinal antérieur et longitudinal postérieur. Ces deux ligaments s'attachent aux corps vertébraux. Le premier n'adhère pas aux disques. Le second est étroitement attaché aux disques. Leurs fonctions sont de limiter les mouvements de flexion et d'extension et de protéger les disques.

3° Anatomie fonctionnelle : peu de mobilité (roulements).

b) Articulation des processus articulaires : articulations aussi appelées zygapophysaires, elles unissent les processus articulaires des vertèbres (Figure 9.10). Articulations synoviales, de type plane (arthrodies) pour les vertèbres cervicales et dorsales, mais articulations trochoïdes pour les vertèbres lombales.

1° **Surfaces articulaires** : processus articulaires supérieur et inférieur.

2° **Capsule articulaire** : lâche dans la région cervicale.

3° **Ligaments** : ligaments jaunes. Relient entre eux les arcs neuraux (lames vertébrales) et restent sous tension même à l'état de repos. Ils facilitent le redressement de la colonne après flexion de celle-ci. Ils sont beaucoup plus élastiques que les autres ligaments.

4° **Anatomie fonctionnelle** : glissements et faible rotation au niveau lombaire.

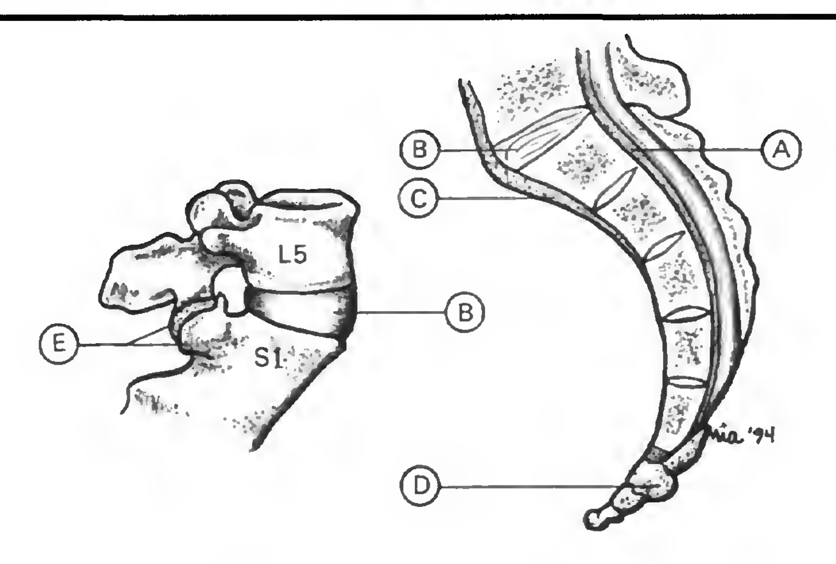
Articulation lombosacrale (lombosacrée)

Charnière entre la colonne vertébrale mobile et la colonne vertébrale fixe, elle met en présence la cinquième vertèbre lombale et la base du sacrum (Figure 9.11). Elle est constituée d'une articulation cartilagineuse et de deux articulations synoviales.

a) **Articulation cartilagineuse** : articulation définie par les corps vertébraux L5 et S1 qui sont séparés par un disque lombosacral. Cette articulation est renforcée à l'avant et à l'arrière par les ligaments longitudinal antérieur et longitudinal postérieur.

b) **Articulations synoviales** : articulations qui unissent les processus articulaires entre eux. Ce sont des trochoïdes pourvus d'une capsule résistante renforcée par de puissants ligaments voisins (ligament jaune, ligament interépineux et ligament intertransversaire).

FIGURE 9.11 **Articulation lombosacrale**



L5. Cinquième vertèbre lombale ; S1. Première vertèbre sacrale ; A. Ligament longitudinal postérieur ; B. Disque lombosacral ; C. Ligament longitudinal antérieur ; D. Coccyx ; E. Processus articulaires.

Articulation sacrococcygienne

C'est une articulation impaire qui unit le sacrum au coccyx. Cette articulation cartilagineuse met en présence S5 et CO1 qu'unit un fibrocartilage correspondant à un disque intervertébral. Dans 30 % des cas, il y a suture des deux os. L'articulation est renforcée par la présence de ligaments sacrococcygiens.

Mouvements de la colonne vertébrale

Mouvements intervertébraux

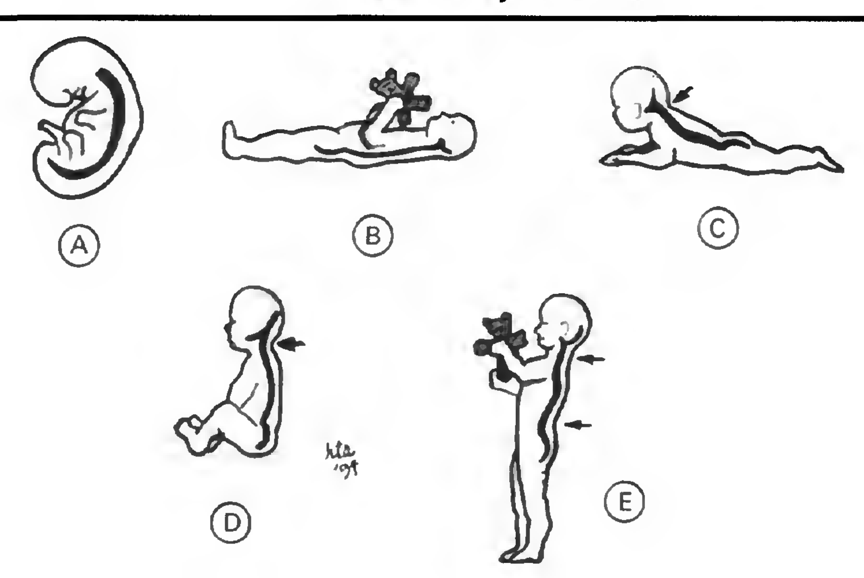
Les divers mouvements de la colonne vertébrale s'accomplissent, entre deux vertèbres voisines, suivant un plan sagittal (flexion et extension), frontal (flexion latérale droite et gauche) ou horizontal (rotation droite et gauche). Dans quelque sens que l'on penche le corps, les disques intervertébraux sont aplatis du côté de la flexion et leur hauteur augmente dans la même proportion du côté opposé (Castaing et Santini, 1960).

Courbures rachidiennes

À la naissance, le rachis du bébé accuse une très légère convexité postérieure (cyphose) qui s'étend de la tête au coccyx (Figure 9.12). Cette courbure subit ensuite l'influence de la présence des organes vitaux et de la cage thoracique. Les courbures acquises de la colonne vertébrale se dessinent, comme leur nom l'indique, au rythme de la croissance du corps humain.

Par exemple, lorsque l'enfant couché sur le ventre relève la tête, se manifeste une lordose (convexité antérieure) cervicale qui s'accentue en position assise. De

FIGURE 9.12 **Courbures rachidiennes chez le foetus, le nouveau-né et le jeune nourrisson**



A. Fœtus ; B. Position couchée ; C. Position ventrale ; D. Position assise ; E. Position debout.

même, quand l'enfant commence à se tenir debout pour marcher, apparaît la lordose lombale, caractéristique de la station bipède de l'homme.

Chez l'adulte, le rachis présente quatre courbures alternantes, de la tête jusqu'au coccyx, dans le plan sagittal (Figure 9.13) : lordose, cyphose, lordose et cyphose. On distingue la lordose cervicale, au niveau du cou; la cyphose dorsale, au niveau du thorax; la lordose lombale, au niveau des lombes. Ces trois premières courbures sont mobiles, contrairement à la cyphose sacrale (dans la région sacrée), seule courbure fixe (immobile).

Si l'on examine la colonne rachidienne de face ou de dos, dans son plan frontal, on constate qu'elle est presque parfaitement rectiligne. Cependant, grâce à la radiologie, on peut déceler une courbure convexe droite dans la colonne thoracique, à cause de la position du cœur. On qualifie généralement de *scoliose* toute courbure anormale de la colonne vers la droite ou la gauche.

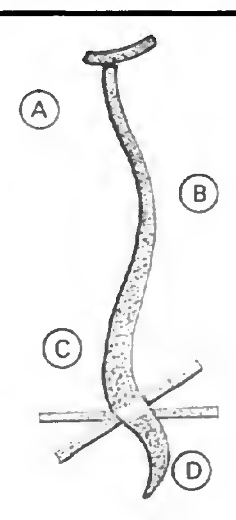
Les courbures rachidiennes varient suivant les individus, les attitudes, même le sexe. La cyphose dorsale et la lordose lombale sont plus accentuées chez la femme que chez l'homme, et ceci dès l'enfance. On observe aussi des variations qui découlent des activités sportives, du développement respiratoire, du métier, etc., d'un individu. Les courbures rachidiennes sont interdépendantes : si l'une d'elles est exagérée, les autres s'accentuent par compensation, pour rétablir l'équilibre.

Mobilités rachidiennes

Les auteurs Castaing et Santini (1960) expliquent que la souplesse rachidienne varie grandement selon l'âge, le sexe, la race, les sujets et la nature des mouvements (passifs ou actifs).

a) Souplesse cervicale : segment très souple. La mesure de mouvements de la colonne cervicale est assez facile. Pour l'ensemble de cette partie de la colonne

FIGURE 9.13 **Courbures rachidiennes chez l'adulte dans un plan sagittal**



A. Lordose cervicale; B. Cyphose dorsale; C. Lordose lombale; D. Cyphose sacrale.

vertébrale, la flexion est de 70° et l'extension, de 80° (Figure 9.14). Entre l'occipital et l'atlas (C1), seuls des mouvements de flexion-extension sont possibles et leur amplitude globale est d'environ 15°. Entre l'atlas (C1) et l'axis (C2), des mouvements de flexion-extension sont possibles et leur amplitude globale est d'environ 15°.

Pour l'ensemble de la colonne cervicale, les mouvements d'inclinaison latérale pure sont symétriques et ont une amplitude moyenne de 15° à 20°. Entre l'occipital et l'atlas et entre l'atlas et l'axis, aucun mouvement d'inclinaison latérale n'est possible.

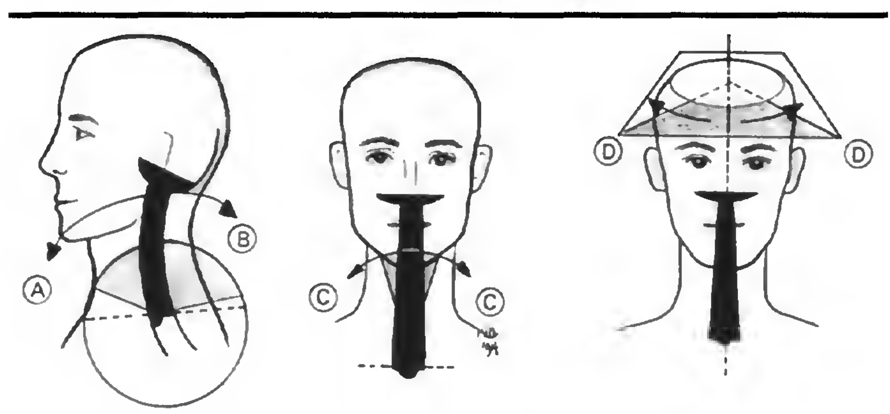
Les mouvements de rotation pure sont symétriques et ils ont une amplitude moyenne de 50°. Il n'y a pas de rotation entre l'occipital et l'atlas ; l'amplitude de la rotation (droite et gauche) entre l'atlas et l'axis est de 50° et les mouvements d'inclinaison et de rotation dans cette région sont très souvent associés.

b) Souplesse thoracique : segment rigide. Les amplitudes moyennes des mouvements de la colonne thoracique sont de 30° en flexion, de 40° en extension, de 30° en inclinaison latérale (droite et gauche) et de 30° en rotation (droite et gauche) (Figure 9.15).

c) Souplesse lombale : segment assez souple. La flexion et l'extension sont de 45° pour l'ensemble de la colonne lombale (Figure 9.16). Les étages les plus mobiles sont L4/L5 et L5/S1 ; la charnière lombosacrée est beaucoup plus mobile dans l'extension que dans la flexion. Les inclinaisons latérales sont symétriques et moins amples ; leur amplitude moyenne de chaque côté est de 20°. Au niveau de L5/S1, les inclinaisons latérales sont presque nulles. Les rotations sont symétriques et très réduites ; leur amplitude moyenne, dans chaque sens, est de 10 à 15°.

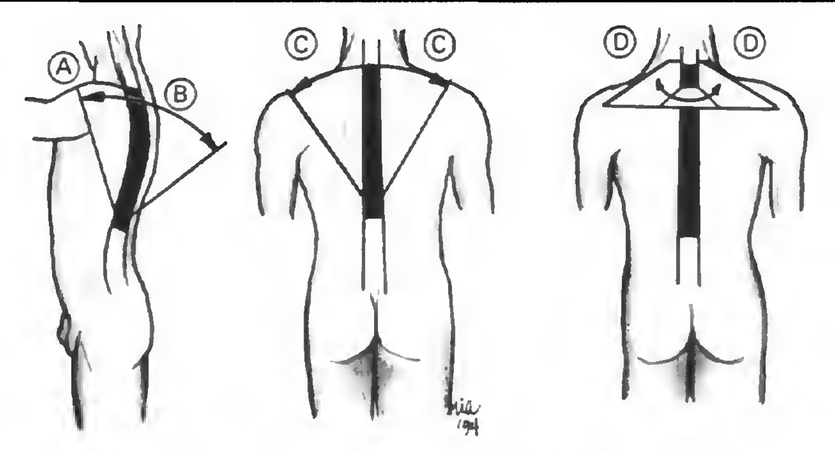
Les entraînements sportifs peuvent augmenter considérablement l'amplitude des mobilités rachidiennes. En vieillissant, on devient moins souple.

FIGURE 9.14 **Souplesse cervicale**



A. Flexion (face latérale) ; B. Extension (face latérale) ; C. Inclinaison latérale (face antérieure) ; D. Rotation (face antérieure).

FIGURE 9.15 **Souplesse dorsale**



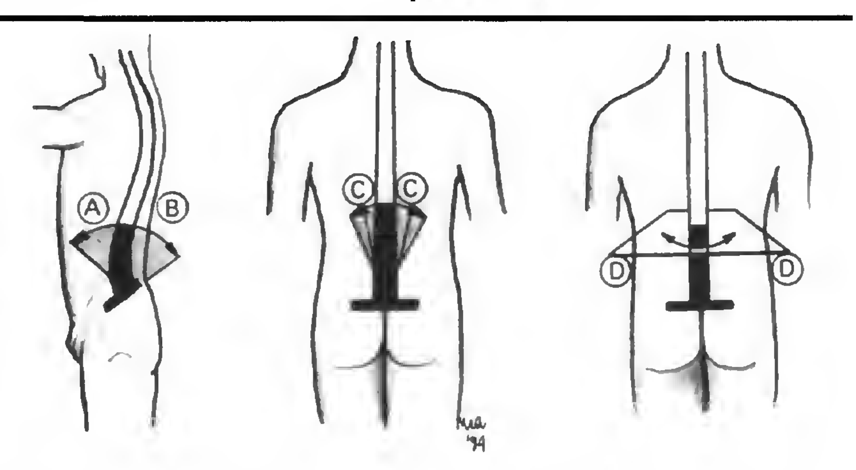
A. Flexion (face latérale); B. Extension (face latérale); C. Inclinaison latérale (face postérieure); D. Rotation (face postérieure).

Pour chaque segment articulaire, on peut définir un coefficient de mobilité. En effet, le rapport hauteur-du-disque/hauteur-du-corps-vertébral est très révélateur et on note que les mobilités segmentaires sont fonction de ces rapports. Au niveau des colonnes très mobiles (segments cervicaux et lombaux), le rapport est de un sur trois; au niveau de la colonne thoracique, relativement rigide, il est de un sur six. Chez le nouveau-né, le rapport est de un sur un pour tous les segments.

Pressions supportées par le rachis

La colonne rachidienne supporte tout le poids du corps, grâce à l'action conjuguée de ses structures osseuses qui supportent soit 80 % des contraintes exercées sur

FIGURE 9.16 **Souplesse lombale**



A. Flexion (face latérale); B. Extension (face latérale); C. Inclinaison latérale (face postérieure); D. Rotation (face postérieure).

le rachis — que l'on appelle fort à propos la colonne de travail — et de ses processus articulaires qui prennent en charge les 20 % restants. Les diverses courbures alternantes mobiles du rachis augmentent pour leur part sa résistance, alors que la position oblique des corps vertébraux atténue la pression qui s'exerce sur la colonne vertébrale. La forme et la disposition des spondyles (dont la partie extérieure est beaucoup plus résistante) et des disques intervertébraux confèrent au corps humain assez de force et de résistance pour soutenir de grandes charges.

Vieillissement du rachis

En vieillissant, on devient moins souple. À ce titre, on peut prendre pour exemple le rachis cervical dont l'amplitude en flexion-extension est de 150° à 15 ans, de 110° à 45 ans (perte de 30 %) et de 80° à 70 ans (perte de 50 %). Le vieillissement du rachis est extrêmement précoce : de tous les systèmes ostéoarticulaires du corps, c'est celui qui dégénère le plus rapidement. Dès l'âge de 18 à 20 ans, des signes histologiques de dégénérescence apparaissent. Les premiers signes de vieillissement se manifestent au niveau des disques. Au-delà de 50 ans, surtout chez la femme ménopausée, les vertèbres deviennent ostéoporotiques.

Muscles de la colonne vertébrale

Avant d'aborder les différents muscles de la colonne vertébrale, il faut définir certains termes qui seront employés pour les décrire.

a) Ligne blanche (*linea alba*) : raphé fibreux médian, tendu du sternum au pubis. Longue de 33 cm environ et épaisse de 3 mm, la ligne blanche est plus large dans la région sus-ombilicale que dans sa portion sous-ombilicale, où elle ne dépasse pas 10 mm de largeur. Son sommet s'insère sur le processus xiphoïde et sa base sur le bord supérieur de la symphyse pubienne. Solide, elle est constituée essentiellement de fibres transversales et de quelques fibres longitudinales entrecroisées qui prennent naissance dans les tendons des muscles plats de l'abdomen. Elle est percée de nombreux orifices vasculo-nerveux ; un seul d'entre eux est volumineux : l'anneau ombilical. Elle solidarise les muscles plats de l'abdomen (Figure 9.29).

b) Gaine du muscle droit de l'abdomen : étui fibreux qui entoure chacun des muscles droits de l'abdomen. Tendue depuis le thorax jusqu'au pubis, elle est constituée par les aponévroses antérieures des trois muscles plats de l'abdomen, qui forment ses deux feuillets : l'un antérieur et l'autre postérieur (Figure 9.29).

c) Fascia transversalis : mince lame fibreuse interposée entre le péritoine et la paroi musculaire de l'abdomen. Le fascia transversalis tapisse la paroi musculaire de l'abdomen. Il s'inscrit dans le prolongement du fascia iliaca, du fascia pelvien pariétal et du fascia du diaphragme.

d) Ligament inguinal (arcade inguinale) : bandelette fibreuse qui sépare la région inguinale et la région fémorale. Le ligament inguinal présente une incurvation

à concavité supérieure. Il est constitué de fibres propres, tendues de l'épine iliaque antéro-supérieure au tubercule pubien, et de fibres réfléchies appartenant à l'oblique externe de l'abdomen, qui s'enroulent autour des fibres propres.

e) Fascia thoraco-lombal : large nappe fibreuse constituant le tendon d'origine du muscle grand dorsal. Résistant et d'un blanc nacré, le fascia thoraco-lombal se fixe sur les processus épineux des six dernières vertèbres thoraciques et des vertèbres lombales, sur les ligaments interépineux correspondants, sur la face dorsale du sacrum, et sur le tiers postérieur de la lèvre externe de la crête iliaque. Sur les faces supérieures de ce losange s'insèrent les faisceaux charnus du grand dorsal; ses faces inférieures répondent aux insertions sacrales et iliaques. Il recouvre les muscles érecteurs du rachis.

Les muscles agissants de la colonne vertébrale sont symétriques. Ils peuvent se contracter individuellement. La plupart des muscles agissants de la colonne vertébrale sont situés sur sa face postérieure. On distingue des muscles fléchisseurs, des muscles extenseurs et des muscles d'inclinaison latérale de la colonne (Rasch et Burke, 1978; Wells, 1971).

a) Fléchisseurs

1° Les muscles de l'abdomen
- Droit de l'abdomen
- Oblique externe de l'abdomen
- Oblique interne de l'abdomen

2° Le sternocléidomastoïdien

3° Les trois scalènes (antérieur, moyen et postérieur)

4° Les muscles prévertébaux (antérieurs et profonds sont impalpables et agissent sur les articulations de la tête) (Tableau 9.2)
- Long du cou
- Long de la tête
- Droit antérieur de la tête
- Droit latéral de la tête

5° Le psoas

b) Extenseurs

1° Les muscles profonds de la région dorsale et médiane (sont impalpables et stabilisent la colonne vertébrale) (voir Tableau 9.3)
- Intertransversaires
- Interépineux
- Rotateurs du rachis
- Multifides

2° Les muscles semiépineux de la région dorsale et médiane (sont impalpables) (voir Tableau 9.4)
- Semiépineux de la tête
- Semiépineux du cou
- Semiépineux du thorax

3° Les muscles érecteurs du rachis (sont palpables) (voir Tableau 9.5)
- Iliocostal du cou
- Iliocostal du thorax
- Iliocostal des lombes
- Longissimus de la tête
- Longissimus du cou
- Longissimus du thorax
- Épineux de la tête (n'existe qu'exceptionnement)
- Épineux du cou
- Épineux du thorax
- Splénius de la tête
- Splénius du cou

c) Le muscle carré des lombes (pour *l'inclinaison latérale*)

TABLEAU 9.2 **Muscles prévertébraux**

Muscle	Origine	Terminaison	Action	Innervation
Long du cou (*longus colli*)	Corps des vertèbres cervicales et des trois premières vertèbres thoraciques	Atlas	Contraction bilatérale (flexion de la tête) Contraction unilatérale (rotation de la tête de même côté)	Rameaux du plexus cervical
Long de la tête (*longus capitis*)	Sommet des tubercules antérieurs des processus transverses C3 à C6	Os occipital	voir Long du cou	Nerfs cervicaux 2 à 4
Droit antérieur de la tête (*rectus capitis anterior*)	Racine antérieure du processus transverse de l'atlas	Os occipital	voir Long du cou	Nerfs cervicaux 1 à 3
Droit latéral de la tête (*rectus capitus lateralis*)	Racine antérieure du processus transverse de l'atlas	Os occipital	Inclinaison de la tête	Nerf suboccipital

TABLEAU 9.3 **Muscles profonds de la région dorsale**

Muscles	Origine	Terminaison	Action	Innervation
Intertransversaires (*intertransversarii*)	Processus transverses de toutes les vertèbres	Processus transverses de la vertèbre au-dessus de la vertèbre servant de point d'origine	Fléchisseurs latéraux	Rameaux antérieurs et dorsaux des nerfs C, T et L
Interépineux (*interspinales*)	Surface inférieure de tous les processus épineux	Surface supérieure du processus épineux au-dessous de la vertèbre servant de point d'origine	Extenseurs du rachis	Rameaux dorsaux des nerfs C et T
Rotateurs du rachis (*rotatores*)	Processus transverses	Racine du processus épineux de la vertèbre immédiatement au-dessus de celle du point d'origine	Contraction bilatérale (extension du rachis) Contraction unilatérale (rotation de côté opposé)	Rameaux dorsaux des nerfs C, T et L
Multifides (*mutifidus*)	Processus transverses ou crêtes sacrales	Face latérale du processus épineux d'une vertèbre supérieure	voir Rotateurs du rachis	Rameaux dorsaux des nerfs C, T et L

Fléchisseur latéral

Carré des lombes (quadratus lumborum)

Le seul fléchisseur latéral est un muscle court et pair de la paroi abdominale postérieure (Figure 9.17). Il est rectangulaire, épais, impalpable et plat.

a) **Origine** : lèvre interne de la crête coxale.

b) **Terminaison** : face antérieure de la douzième côte et processus costiformes des quatre premières vertèbres lombales.

c) **Action** : flexion latérale de la colonne vertébrale lorsqu'il y a contraction unilatérale du carré. Il aide à stabiliser la colonne lombaire.

d) **Innervation** : rameaux du plexus lombal et du douzième nerf intercostal.

Fléchisseurs

Les muscles fléchisseurs suivants feront ici l'objet d'un examen plus poussé : les trois muscles de l'abdomen, le sternocléidomastoïdien et les trois muscles scalènes.

TABLEAU 9.4 **Muscles semiépineux**

Muscle	Origine	Terminaison	Action	Innervation
Semiépineux de la tête (*semispinalis capitis*)	Os occipital	Processus transverses de 4C à 6T et processus épineux de 6C à 2T	Contraction bilatérale (extension de la tête) Contraction unilatérale (inclinaison latérale)	Rameaux dorsaux des nerfs cervicaux
Semiépineux du cou (*semispinalis cervicis*)	Processus épineux de C1 à C6	Processus transverses de T1 à T6	Contraction bilatérale (extension de la tête) Contraction unilatérale (rotation de la tête de côté opposé)	Rameaux dorsaux des nerfs cervicaux et thoraciques
Semiépineux du thorax (*semispinalis thoracis*)	Processus épineux de T2 à T7	Processus transverses de T2 à T7	voir Semiépineux du cou	voir Semiépineux du cou

*Droit de l'abdomen (*rectus abdominis*)*

Muscle pair de l'abdomen, qui s'étend de chaque côté de la ligne médiane (*linea alba*) depuis le thorax jusqu'au pubis (Figure 9.18). Il est épais, allongé, palpable et antérieur.

a) **Origine** : bord supérieur du pubis, entre le tubercule pubien et la symphyse.

b) **Terminaison** : cartilages costaux des cinquième, sixième et septième côtes et du processus xiphoïde sternal.

c) **Action** : contracté des deux côtés, il est fléchisseur de la colonne. Il contribue à la flexion latérale lorsqu'il est contracté unilatéralement.

d) **Innervation** : cinq derniers nerfs intercostaux et premiers nerfs lombaux.

*Oblique externe de l'abdomen (*obliquus externus abdominis*)*

Muscle pair, plat et large, de la paroi antérolatérale de l'abdomen (Figure 9.19), c'est le muscle le plus superficiel de la cavité abdominale. Ses fibres musculaires sont orientées vers le bas et la ligne médiane. Il est palpable.

a) **Origine** : ligne blanche (*linea alba*), ligament inguinal, pubis et moitié antérieure de la lèvre externe de la crête coxale.

b) **Terminaison** : face externe et bord inférieur des sept ou huit dernières côtes.

TABLEAU 9.5 **Muscles érecteurs du rachis**

Muscle	Origine	Terminaison	Action	Innervation
Iliocostal du cou (*iliocostalis cervicis*)	Côtes 1 à 6	Processus transverses de C3 à C6	Contraction bilatérale (extension du rachis) Contraction unilatérale (inclinaison latérale et torsion du rachis)	Rameaux dorsaux des nerfs C, T et L
Iliocostal du thorax (*iliocostalis thoracis*)	Côtes 7 à 12	Côtes 1 à 6	Idem	Idem
Iliocostal des lombes (*iliocostalis lumborum*)	Crête iliaque Crête sacrale	Côtes 5 à 12	Idem	Idem
Longissimus de la tête (*longissimus capitis*)	Processus transverses de C4 à C7	Processus mastoïde	Idem	Idem
Longissimus du cou (*longissimus cervicis*)	Processus transverses de T1 à T6	Processus transverses C2 à C6	Idem	Idem
Longissimus du thorax (*longissimus thoracis*)	Crête iliaque, sacrum et processus épineux lombaires	Processus transverses T et L	Idem	Idem
Épineux de la tête (*spinalis capitis*)	Processus épineux de C6 et C7 et de T1 à T4	Lignes nuchales supérieure et inférieure	Idem	Idem
Épineux du cou (*spinalis cervicis*)	Processus épineux de C6 et C7 et de T1 et T2	Processus épineux de C2 à C4	Idem	Idem
Épineux du thorax (*spinalis thoracis*)	Processus épineux de T11 et T12	Processus épineux de T3 à T9	Idem	Idem
Splénius de la tête (*splenius capitis*)	Ligament nuchal et processus épineux de C4 à T3	Ligne nuchale supérieure et processus mastoïde	Contraction bilatérale (extension de la tête) Contraction unilatérale (rotation de la tête de même côté)	Rameaux dorsaux des nerfs C1 à C4
Splénius du cou (*splenius cervicis*)	Processus épineux de T3 à T6	Processus transverses de C1 à C3	Idem	Branches dorsales des nerfs C1 à C5

FIGURE 9.17 **Face antérieure du muscle carré des lombes**

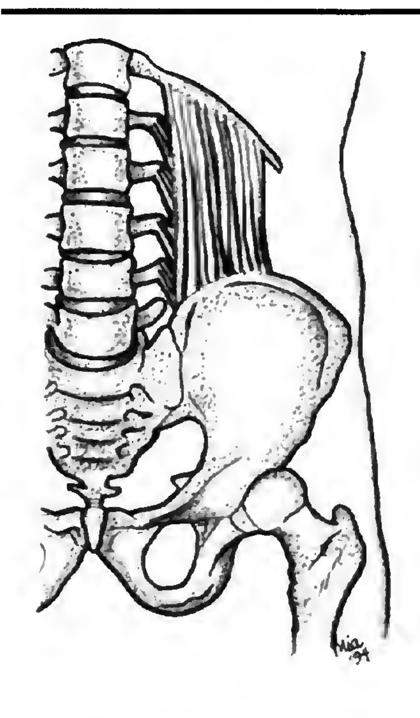
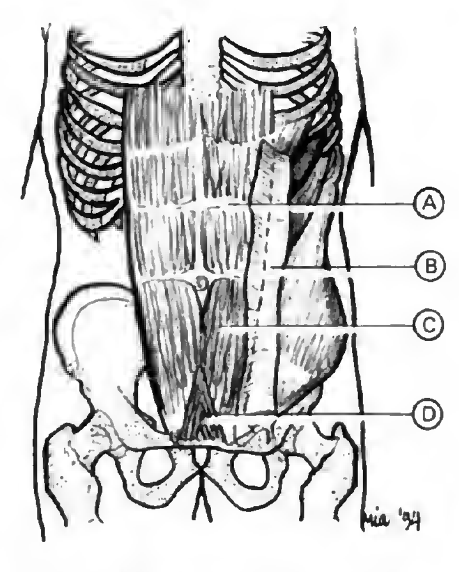


FIGURE 9.18 **Face antérieure du muscle droit de l'abdomen (C)**



A. Intersection tendineuse ; B. Lame antérieure de la gaine du muscle droit de l'abdomen ; D. Muscle pyramidal.

c) **Action** : flexion antérieure du tronc, en cas de contraction des deux côtés. Une contraction d'un seul côté entraîne une flexion latérale de même côté et une rotation du tronc de côté opposé.

d) **Innervation** : nerfs intercostaux inférieurs, nerfs iliohypogastrique et ilio-inguinal.

Oblique interne de l'abdomen (obliquus internus abdominis)

Muscle pair des parois antérolatérales de l'abdomen (Figure 9.20) ; l'oblique interne est situé sous le muscle oblique externe de l'abdomen. Ses fibres sont disposées à angle droit par rapport à celles du muscle oblique externe. C'est un muscle plat, très épais et impalpable. Les muscles oblique interne droit et oblique interne gauche forment un V inversé à l'avant de l'abdomen.

a) **Origine** : versant externe de la crête coxale dans ses trois quarts antérieurs, fascia thoracolombal et deux tiers externes du ligament inguinal.

b) **Terminaison** : bord inférieur des douzième, onzième et dixième côtes, ligne blanche, tubercule pubien et symphyse pubienne.

c) **Action** : fléchisseurs du tronc, en cas de contraction simultanée. L'action isolée de l'un d'eux incline le tronc de même côté et provoque la rotation du thorax de ce côté.

d) **Innervation** : nerfs intercostaux, iliohypogastrique et ilio-inguinal.

FIGURE 9.19 Face latérale du muscle oblique externe de l'abdomen

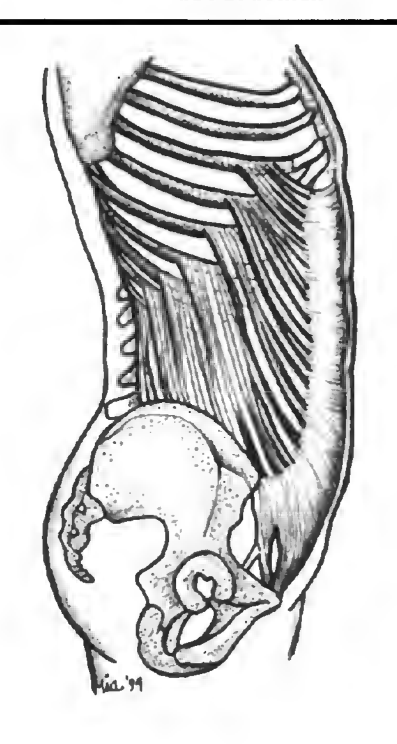
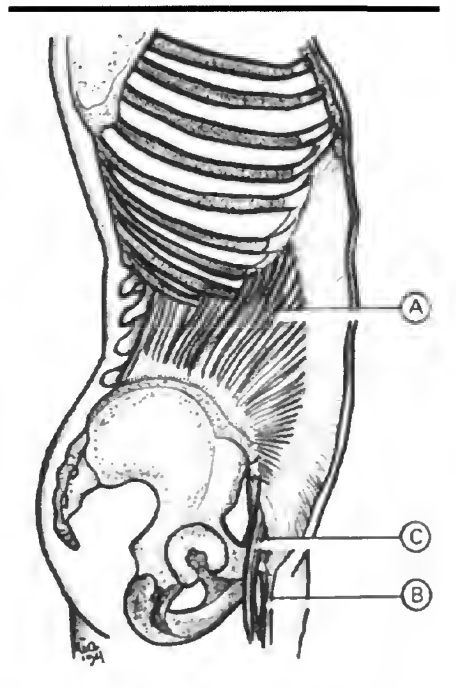


FIGURE 9.20 Face latérale du muscle oblique interne de l'abdomen (A)



B. Muscle crémaster médial ; C. Muscle crémaster latéral.

Sternocléidomastoïdien (sternocleïdomastoideus)

Important et puissant muscle pair, palpable, de la région antérolatérale du cou (Figure 9.21). Il possède deux chefs : l'un, sternal, et l'autre, claviculaire.

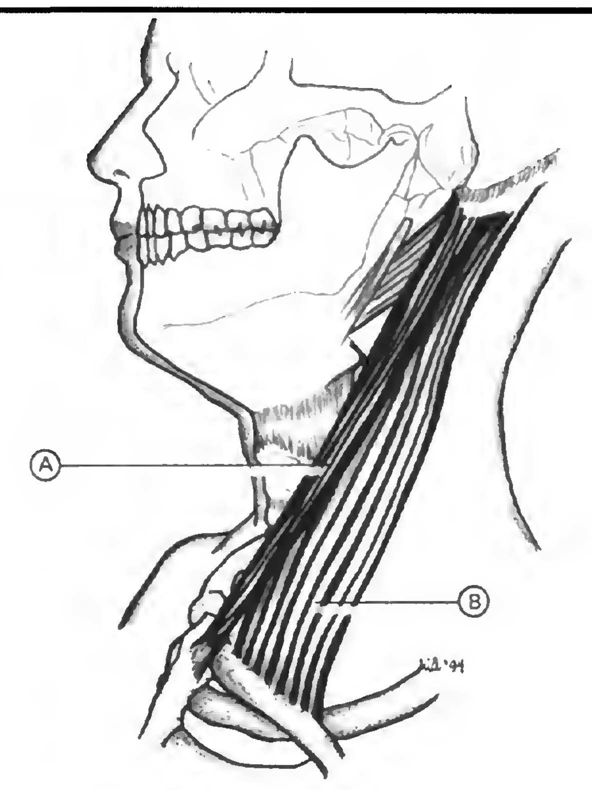
a) **Origine** : face antérieure du manubrium sternal pour le chef sternal. Le chef claviculaire prend naissance sur le tiers sternal de la face supérieure de la clavicule.
b) **Terminaison** : pourtour postérieur du processus mastoïde de l'os temporal.
c) **Action** : la contraction des deux côtés entraîne une puissante flexion antérieure de la tête. Le sternocléidomastoïdien est aussi l'antagoniste du muscle trapèze. Contracté d'un seul côté, il provoque une flexion latérale de même côté et une rotation de la tête de côté opposé.
d) **Innervation** : rameau du nerf accessoire et du plexus cervical.

Muscles scalènes (scalenius)

On dénombre trois scalènes de chaque côté de la colonne vertébrale : l'antérieur, le moyen et le postérieur (Figure 9.22). Ces muscles de la partie profonde de la région antérolatérale du cou sont des plus importants pour une respiration normale. Ils sont impalpables.

a) **Origine** : deux premières côtes.

FIGURE 9.21 **Face latérale du muscle sternocléidomastoïdien**



A. Chef sternal ; B. Chef claviculaire.

b) Terminaison : processus transverses des vertèbres cervicales C2 à C7.

c) Action : une contraction unilatérale entraîne une flexion latérale du rachis cervical. Une contraction des deux côtés contribue à la flexion de la tête.

d) Innervation : branches antérieures des nerfs cervicaux 5, 6, 7 et 8.

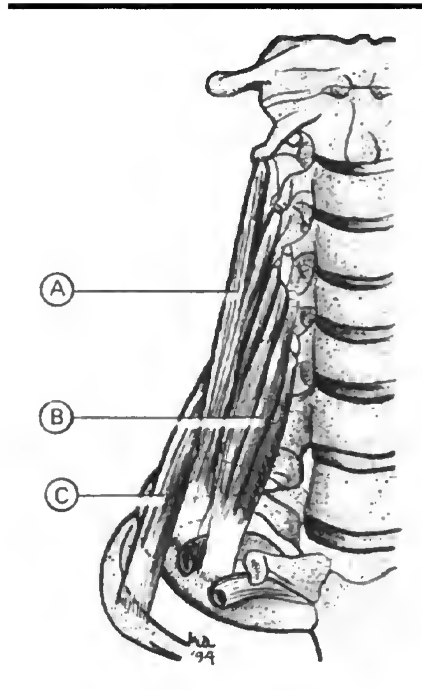
Extenseurs

Les muscles profonds de la région dorsale sont les intertransversaires, les interépineux, les rotateurs du rachis et les multifides (Figure 9.23). Ces petits muscles pairs sont des extenseurs de la partie médiane du dos.

Les muscles érecteurs du rachis et semiépineux se subdivisent, de chaque côté du rachis, en trois colonnes : la colonne interne, composée des muscles épineux (cou, thorax et tête), des muscles splénius (cou et tête) et des muscles semiépineux (tête, cou et thorax) (Figures 9.24, 9.26 et 9.27) ; la colonne intermédiaire, constituée des muscles longissimus (tête, cou et thorax) (Figure 9.24) ; enfin, les muscles ilio-costaux (du cou, du thorax et des lombes) constituent la colonne externe (Figure 9.24).

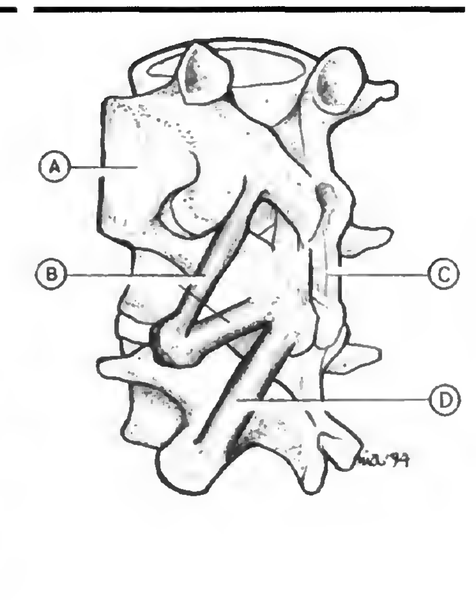
Les Figures 9.24 à 9.28 illustrent les principaux muscles agissants de la colonne vertébrale.

FIGURE 9.22 **Face antérieure des muscles scalènes**



A. Moyen ; B. Antérieur ; C. Postérieur.

FIGURE 9.23 **Muscles profonds de la région dorsale**



A. Intertransversaire ; B. Rotateur du rachis ; C. Interépineux ; D. Multifide.

Lésions de la région de la colonne vertébrale

1. Muscles de l'abdomen

A. Ruptures musculaires et tendinites

Les principaux muscles de l'abdomen sont le droit de l'abdomen, l'oblique externe de l'abdomen, l'oblique interne de l'abdomen et le transverse de l'abdomen. Lorsqu'ils se contractent bilatéralement, ce sont des fléchisseurs du rachis.

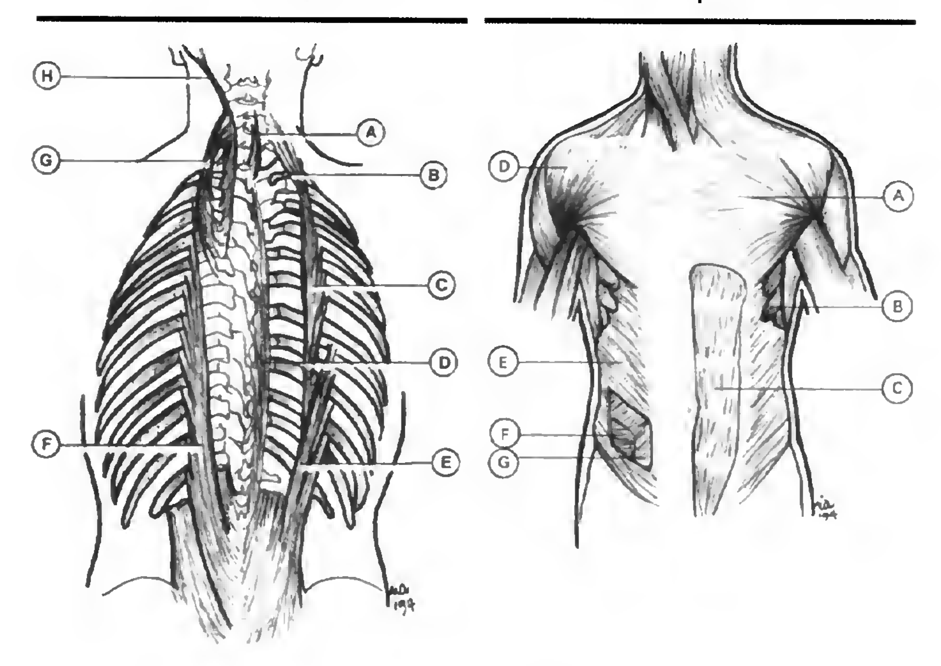
En cas de ruptures musculaires et d'inflammations des muscles de l'abdomen, le muscle droit de l'abdomen est fréquemment blessé, mais les muscles obliques et transverse de l'abdomen peuvent aussi être atteints.

Les inflammations du muscle droit de l'abdomen sont en règle générale localisées à l'insertion sur le pubis. Les inflammations sont souvent l'expression d'un surmenage à la suite, par exemple, d'entraînement de la force musculaire, de relèvements en position assise, d'exercices de tirs au soccer, de service ou de smash au tennis et au badminton.

Les ruptures musculaires de l'abdomen touchent les haltérophiles, les lanceurs dans les disciplines olympiques d'athlétisme, les gymnastes, les rameurs, les lutteurs, les sauteurs à la perche.

FIGURE 9.24 Face postérieure des muscles érecteurs du rachis

FIGURE 9.25 Muscles superficiels (S) et profonds (P) du thorax et de la paroi abdominale



A. Épineux du cou; B. Iliocostal du cou; C. Iliocostal du thorax; D. Épineux du thorax; E. Iliocostal des lombes; F. Longissimus du thorax; G. Longissimus du cou; H. Longissimus de la tête.

A. Grand pectoral (S); B. Dentelé antérieur (S); C. Droit de l'abdomen (S); D. Deltoïde (S); E. Oblique externe (S); F. Transverse de l'abdomen (P); G. Oblique interne (P).

B. Hernie inguinale (hernie de la paroi abdominale)

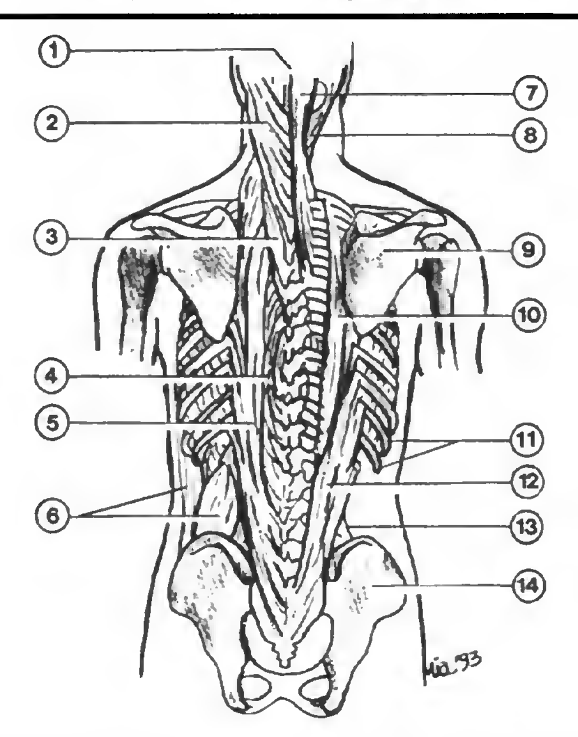
Il y a hernie inguinale quand une petite partie du contenu de l'abdomen (tissu adipeux, portion de l'intestin, etc.) s'échappe de la paroi abdominale. La cause en est une faiblesse des muscles de la paroi abdominale et de la couche de tissu conjonctif. Les causes de cette déhiscence (écartement des fibres) sont soit congénitales (malformation), soit acquises, soit provoquées par un effort intense ou répété (soulèvement de charges), par une toux chronique, par une prise de poids importante ou par une intervention chirurgicale.

2. Muscles du dos

A. Colonne cervicale

Diverses lésions peuvent toucher la colonne cervicale; parmi elles, les ***fractures*** osseuses et la ***luxation*** accompagnée de lésions des ligaments, de la capsule articulaire ou des disques. Les sources de blessure les plus fréquentes sont l'extension sous l'effet d'un traumatisme, la torsion traumatique, le traumatisme avec flexion antérieure et le traumatisme qui touche directement le crâne et se répercute sur la colonne vertébrale. Ces lésions peuvent survenir dans tous les sports de contact

FIGURE 9.26 **Muscles postérieurs intrinsèques de la colonne vertébrale**



1. Os occipital; 2. Splénius de la tête; 3. Splénius du cou; 4. Épineux du thorax; 5. Longissimus du thorax; 6. Oblique externe de l'abdomen; 7. Semiépineux de la tête; 8. Longissimus de la tête; 9. Scapula; 10. Iliocostal du thorax; 11. Côtes; 12. Iliocosal des lombes; 13. Carré des lombes; 14. Os coxal.

(hockey sur glace, football, etc.) et dans certains sports de combat (lutte olympique, judo, etc.).

La ***cervicalgie*** est une douleur au cou. Cet état douloureux peut être provoqué par de brusques mouvements de torsion de la colonne cervicale au moment d'un plongeon ou d'un plaquage avec la tête (au football). Il en résulte une contraction musculaire transitoire.

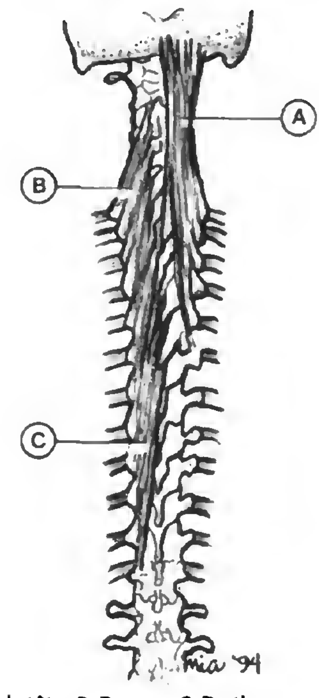
La ***névralgie cervico-brachiale*** résulte d'une atteinte simultanée des nerfs du cou et des nerfs du bras. Elles se manifeste par une douleur le long des trajets nerveux. Cette lésion est le plus souvent due à une agression mécanique : traumatisme, étirement, compression.

B. Colonne thoracique

La ***dorsalgie*** est une douleur au niveau du rachis thoracique. Les causes des dorsalgies sont de nature multiples : dégénératives (arthrose), inflammatoires (arthrite), mécaniques (mauvaise posture), traumatiques (fracture).

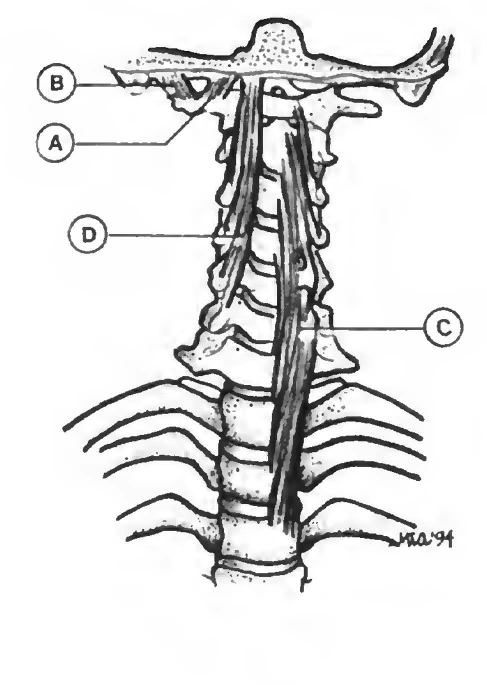
Les ***fractures*** des vertèbres thoraciques sont peu fréquentes chez les sportifs, mais les cavaliers, les acrobates, etc., peuvent en être victimes.

FIGURE 9.27 **Face postérieure des muscles semiépineux**



A. De la tête ; B. Du cou ; C. Du thorax.

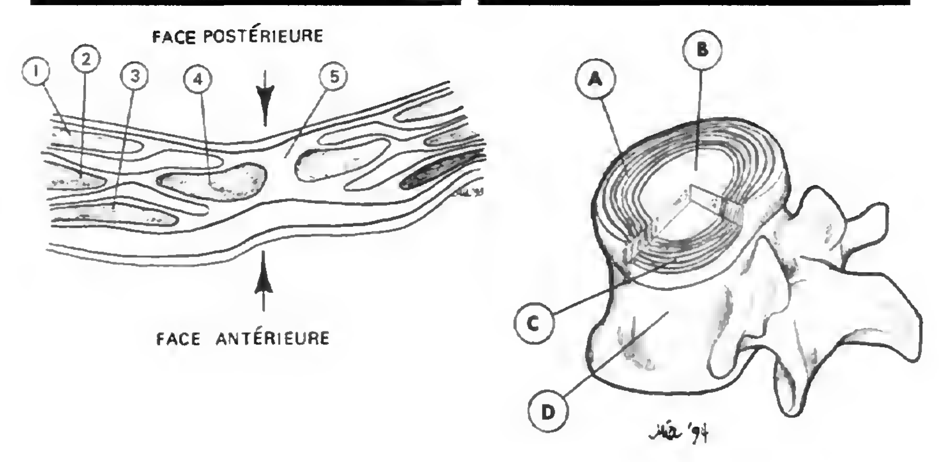
FIGURE 9.28 **Face antérieure des muscles prévertébraux**



A. Droit antérieur de la tête ; B. Droit latéral de la tête ; C. Long du cou ; D. Long de la tête.

FIGURE 9.29 **Muscles antérieurs de l'abdomen (coupe transversale)**

FIGURE 9.30 **Disque intervertébral**



1. Transverse de l'abdomen ; 2. Oblique interne de l'abdomen ; 3. Oblique externe de l'abdomen ; 4. Droit de l'abdomen ; 5. Ligne blanche.

A. Anneau fibreux ; B. Nucleus pulposus ; C. Lamelles du fibrocartilage ; D. Corps vertébral.

Les ***ruptures musculaires*** du dos sont fréquentes chez les haltérophiles, les lanceurs de javelot et de poids, les sauteurs à la perche, les joueurs de soccer, de handball, de basketball et volleyball, les lutteurs et les boxeurs, etc. La lésion consiste habituellement en microruptures des faisceaux musculaires et elle se situe souvent au niveau des muscles longs extenseurs du dos (colonnes thoracique et lombaire).

Des ***réactions inflammatoires*** peuvent survenir au niveau des processus épineux des vertèbres thoraciques et lombaires, de la crête iliaque et au niveau du sacrum. Ces phénomènes inflammatoires se produisent en cas de surcharge — habituellement chez les skieurs, les lanceurs de javelot, de disque et de marteau, les haltérophiles, etc.

La ***maladie de Scheuermann*** (cyphose) est une atteinte des cartilages des corps vertébraux (partie antérieure des vertèbres) qui survient pendant la croissance. Affection fréquente, la maladie de Scheuermann est une ostéochondrite de croissance (lésion des cartilages vertébraux qui découle d'un apport sanguin insuffisant). Lorsque la maladie touche le rachis thoracique, elle provoque une cyphose (dos rond) qui, non traitée, devient irréductible une fois la croissance terminée. C'est une maladie héréditaire du dos qui atteint surtout le garçon.

C. Colonne lombaire

La ***lombalgie*** est une douleur au niveau de la région lombaire. Une lombalgie peut être occasionnée par des lésions du rachis ou par des affections touchant des viscères de la région lombaire.

Les ***fractures*** des vertèbres lombaires sont peu fréquentes, mais elles peuvent survenir dans certains sports, comme le ski alpin et la course automobile.

Une fracture des processus transverses peut être provoquée par un traumatisme des faces latérales des vertèbres ; elle peut également résulter d'une usure, en cas de lésions musculaires, surtout de lésions de la colonne lombaire.

Le ***lumbago*** est une douleur lombaire aiguë, subite, qui survient après un faux mouvement et dont la source est un microtraumatisme touchant un disque intervertébral. Un type de lumbago, plus communément appelé « tour de reins », est le fait d'une fissure de l'anneau fibreux par laquelle une partie du nucleus pulposus est poussée vers l'extérieur et exerce une pression sur les nerfs.

La ***sciatique*** est une douleur qui irradie le long du nerf sciatique. En suivant le trajet de ce nerf, le plus long de l'organisme, elle peut s'étendre de la fesse jusqu'au pied, bien que, le plus souvent, une seule partie de ce trajet soit concernée. Une sciatique se produit lorsque le nerf sciatique est comprimé à un point ou à un autre de son trajet. Le plus souvent, la compression est provoquée par une hernie discale au niveau des vertèbres lombaires de la colonne, entre les deux racines du nerf (L5 et S1). D'autres causes, plus rares, peuvent entraîner une sciatique (arthrose, fracture du bassin, etc.).

La ***hernie discale*** se caractérise par une saillie du disque intervertébral hors de ses limites normales : l'anneau fibreux qui forme l'enveloppe du disque se fissure ; le

noyau gélatineux qui compose l'intérieur du disque s'infiltre alors dans la fissure jusqu'à faire une saillie sur la colonne vertébrale. La hernie discale, un peu plus fréquente chez l'homme que chez la femme, survient le plus souvent entre 20 et 30 ans et touche, dans 95 % des cas, les vertèbres lombaires. La destruction d'un disque est généralement consécutive à un surmenage, modéré mais répété, qui sollicite régulièrement les mêmes vertèbres (travaux manuels). Le soulèvement d'une lourde charge ou une brusque torsion du tronc peuvent aussi, mais plus rarement, la provoquer.

3. Manifestations pathologiques

A. Scoliose

Incurvation latérale pathologique du rachis. Il en existe trois formes, de gravité diverse : les attitudes scoliotiques, les scolioses antalgiques et les scolioses vraies (osseuses ou structures). La première se caractérise par une incurvation latérale droite ou gauche du rachis, visible en position debout, qui se corrige lorsque le sujet se penche en avant ; elle est due le plus souvent à une inégalité de la longueur des jambes. La deuxième, douloureuse, accompagne un lumbago ou une sciatique lombaire. Finalement, la troisième se subdivise en trois catégories : les scolioses par malformation congénitale d'une vertèbre, les scolioses par déformation acquise et les scolioses idiopathiques qui débutent dans l'enfance.

La cause de cette déformation qui atteint les enfants en cours de croissance est inconnue. La scoliose touche environ 5 % de tous les enfants dans une population normale, mais un type atténué de scoliose est fréquent parmi les sportifs qui s'adonnent à un entraînement unilatéral, par exemple les joueurs de tennis et les lanceurs de javelot. On observe, au fil des années d'entraînement, que la musculature du dos est plus développée d'un côté que de l'autre.

B. Spina bifida

Malformation congénitale de la colonne vertébrale qui se caractérise par l'absence de soudure des arcs postérieurs et du processus épineux d'une ou de plusieurs vertèbres, le plus souvent au niveau lombosacré. Le spina bifida est une anomalie de formation de la structure embryonnaire, appelée tube neural, dans les trois premiers mois de grossesse.

Le saviez-vous ?

1. La résistance des parois de la cavité abdominale dépend entièrement des muscles, puisque ces parois ne possèdent aucun support osseux.
2. La moelle épinière ou spinale s'allonge dans les mouvements de flexion du rachis et raccourcit dans les mouvements d'extension.
3. Les courbures de la colonne vertébrale lui assurent une plus grande résistance que si elle dessinait une ligne droite. En effet, sa résistance théorique est $n^2 + 1$,

où *n* est le nombre de ses courbures alternantes non fixes, c'est-à-dire 3, ce qui représente une résistance dix fois plus grande que celle d'une ligne droite.

4. Seules les vertèbres cervicales possèdent des foramens transversaux. Seules les vertèbres thoraciques possèdent au moins deux petites surfaces qui s'articulent (fosses costales) sur les bords latéraux et postérieurs du corps vertébral.

5. On incline la tête pour dire *oui*, grâce à l'articulation atlantooccipitale (crâne-C1), et on hoche la tête pour dire *non*, grâce à l'articulation atlantoaxoïdienne médiane (C1-C2).

6. Le cou d'une girafe ne compte pas plus de vertèbres que celui d'un humain, bien qu'il soit beaucoup plus long.

7. Splénius vient du grec *splenion* qui veut dire « bandage ».

8. Le muscle pyramidal de l'abdomen est un muscle petit et triangulaire. De 16 à 25 % des individus en sont dépourvus. Il a pour fonction de tendre la ligne blanche.



Page laissée blanche

CHAPITRE 10

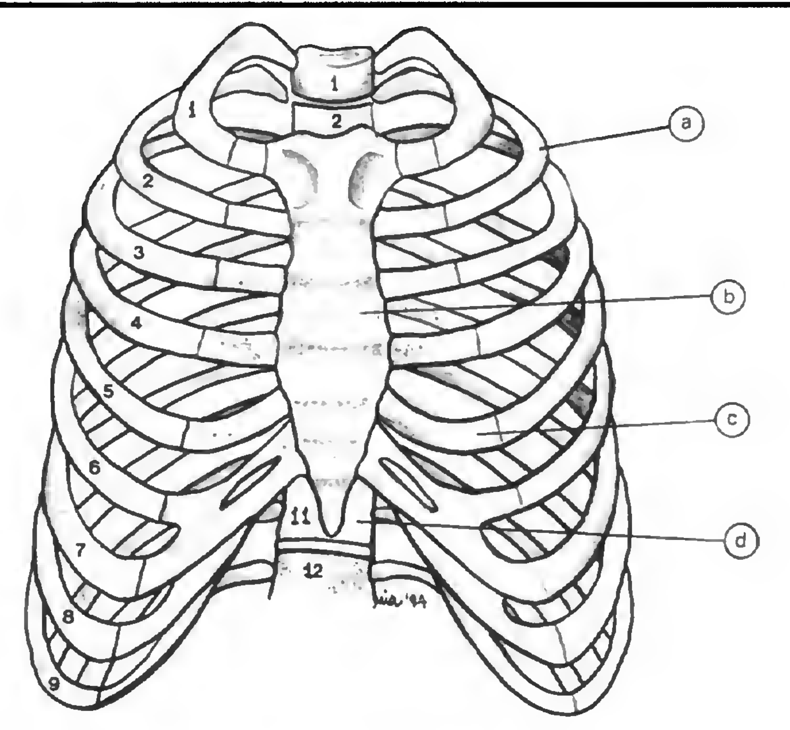
Thorax

Os du thorax

La cage thoracique se compose du sternum, de 24 côtes (sternales, asternales et flottantes) et de leurs cartilages costaux rattachés aux vertèbres thoraciques (Figure 10.1). Le thorax compte 25 os : le sternum et les côtes (24). Il comprend une paroi (squelette, muscles du thorax et téguments) à laquelle s'attachent les membres supérieurs et le cou. Il comprend aussi une cavité où logent la majeure partie de l'appareil respiratoire et le cœur (Kahle, Leonhardt et Platzer, 1988).

Vu de l'extérieur, le thorax est limité, dans sa partie supérieure, par une ligne qui passe par l'incisure jugulaire du sternum, la clavicule et le processus épineux de

FIGURE 10.1 **Thorax**



a. Os costal ; b. Sternum ; c. Cartilage costal ; d. Vertèbre thoracique.

la vertèbre C7 ; et dans la partie inférieure du thorax, cette ligne passe par le processus xiphoïde, la douzième côte et par le processus épineux de la vertèbre T12. Le thorax épouse la forme d'un tronc cône. Sa hauteur est de 12 cm à l'avant, de 27 cm à l'arrière et de 33 cm sur les côtés. À sa base, son diamètre transversal est d'environ 26 cm et son diamètre sagittal de 12 cm. À son sommet, son diamètre transversal est d'environ 11 cm et son diamètre sagittal de 5 cm.

Sternum

Le sternum est un os plat allongé, posé à la verticale, et qui complète la partie antérieure et médiane du thorax (Figure 10.2). Il est formé par la fusion de six sternèbres superposées qui constituent primitivement le sternum. Les sternèbres se comptent de haut en bas. La crête sternale est le résultat de la suture de deux sternèbres. Chacune des crêtes osseuses transversales du sternum est plus marquée sur sa face antérieure.

Sur les bords latéraux du sternum s'articulent les deux clavicules et les sept premiers cartilages costaux. Le sternum a une face antérieure cutanée et une face postérieure qui répond aux organes internes. Il comporte trois parties chez l'adulte :

a) **Manubrium** : partie supérieure épaisse du sternum, élargie transversalement. Ses bords latéraux portent des incisures qui répondent à la première et à la deuxième côte. Son bord supérieur est marqué de trois incisures : l'une médiane, l'incisure jugulaire (fourchette) ; deux latérales, les incisures claviculaires. L'incisure jugulaire du sternum est une échancrure médiane du bord supérieur du manubrium sternal. Elle est concave transversalement et elle correspond à la fossette médiane de la base du cou.

b) **Corps** : partie moyenne du sternum. Il s'articule avec le manubrium dans sa portion supérieure et avec le processus xiphoïde en bas. Sa face antérieure est marquée par les crêtes sternales ; ses bords le sont par des incisures costales qui répondent aux cartilages costaux. Le manubrium et le corps forment entre eux l'angle de Louis (angle sternal), saillant à l'avant. Le corps du sternum est plus long chez l'homme que chez la femme. À longueur égale, le sternum d'un homme est plus mince et plus étroit que celui d'une femme.

c) **Processus xiphoïde** : partie inférieure du sternum. De forme et de direction très variables, il n'est totalement ossifié que chez le vieillard. Il peut être bifide (à deux pointes) (70 %) ou percé d'un orifice (fait plus rare). Il sert de point d'attache à plusieurs ligaments et muscles, dont le muscle grand droit de l'abdomen et la ligne blanche qui indique le milieu de l'abdomen.

Os costal

L'os costal est la partie ossifiée de la côte (Figure 10.3). Avec le cartilage costal, il constitue la côte. L'os costal se caractérise par une tête qui s'appuie sur les vertèbres thoraciques, un col étroit, et un corps long et aplati qui présentent une angulation

postérieure marquée (l'angle costal). En saillie, entre le corps et le col, s'avance le tubercule costal.

La côte est une unité ostéocartilagineuse qui délimite latéralement le thorax. Au nombre de douze, les côtes sont situées de part et d'autre du plan sagittal; on les numérote de haut en bas. Le nombre des côtes peut varier (11 ou 13 paires). Il existe des côtes doubles (ou en fourchette), phénomène qui se manifeste le plus souvent à la quatrième paire. Les côtes s'articulent toutes, à l'arrière, avec les vertèbres thoraciques. À l'avant, les sept premières, dites vraies côtes ou côtes sternales, s'articulent avec le sternum (Figure 10.1). Les huitième, neuvième et dixième s'articulent avec le sternum par l'intermédiaire d'un cartilage costal commun; ce sont les fausses côtes ou côtes asternales. Les deux dernières côtes, ou côtes flottantes, ont une extrémité libre à l'avant; elles s'articulent avec une seule vertèbre et se singularisent, en outre, par l'absence de tubercule costal et par l'existence d'un cartilage costal atrophié. Toutes les côtes sont toujours obliques vers le bas. Elles augmentent de longueur, de la première à la huitième, et raccourcissent de la neuvième à la douzième. Elle sont convexes, surtout dans la partie postérieure. La partie supérieure de chaque

FIGURE 10.2 Face antérieure du sternum

a. Manubrium; b. Corps; c. Processus xiphoïde; d. Incisure jugulaire; e. Incisure claviculaire; f. Premier cartilage costal; g. Deuxième cartilage costal; h. Troisième cartilage costal; i. Quatrième cartilage costal; j. Cinquième cartilage costal; k. Sixième cartilage costal; l. Septième cartilage costal.

FIGURE 10.3 Faces supérieure (en haut) et postérieure (en bas) de l'os costal

a. Tête; b. Col; c. Tubercule costal; d. Angle costal; e. Corps; f. Extrémité sternale.

côte est arrondie et assez lisse, alors que sa partie inférieure est aplatie et souvent rugueuse. Voici les parties de l'os costal.

a) Angle : jonction du col et du corps de la côte. Le sommet de l'angle répond au tubercule costal.

b) Tubercule : saillie irrégulière située sur la face externe du point d'union du corps et du col costal. Le tubercule est pourvu d'une surface articulaire qui répond au processus transverse de la vertèbre thoracique correspondante.

c) Col : segment intermédiaire rétréci, situé entre la tête et le corps de la côte.

d) Corps : segment moyen de la côte, intermédiaire entre le col et le cartilage costal. Une gouttière longe le bord inférieur de sa face interne.

e) Tête : extrémité dorsale de la côte. Renflée, elle porte deux facettes articulaires, séparées par une arête, qui s'articulent avec deux corps vertébraux. Les têtes des première, onzième et douzième paires de côtes font exception : elles s'articulent sur les facettes d'une seule vertèbre thoracique.

Le cartilage costal est la partie antérieure cartilagineuse de la côte (Figure 10.1). Au niveau des dix premières côtes, il sépare l'os costal du sternum. Les cartilages costaux se composent de cartilage hyalin et renforcent le thorax en servant d'ancrage au sternum, pour la plupart des côtes ; comme ce sont des cartilages, ils offrent la flexibilité nécessaire à la cage thoracique, pendant la respiration.

Articulations du thorax

Les articulations qui unissent les côtes aux vertèbres portent le nom d'articulations costovertébrales (Norkin et Levangie, 1992). Chacune d'elles se compose d'une articulation de la tête costale et d'une articulation costotransversaire. Dans la partie antérieure du thorax, on distingue les articulations sternocostales, costochondrales et interchondrales. Dans le sternum, on discerne la synchondrose manubriosternale (manubrium et corps) et la synchondrose xiphosternale (corps et processus xiphoïde), toutefois plus rare.

Articulation de la tête costale

Cette articulation unit la tête de la côte aux faces latérales de deux corps vertébraux successifs (Figure 10.4). Elle se compose de deux articulations planes, séparées par le ligament intraarticulaire de la tête costale.

a) Surfaces articulaires : disque intervertébral, surfaces articulaires (2) de la tête costale et foveas costales de deux vertèbres successives. La tête des première, onzième et douzième côtes ne s'articule qu'avec une seule vertèbre.

b) Capsule articulaire : mince.

c) Ligaments : radié de la tête costale et intraarticulaire de la tête.

d) Anatomie fonctionnelle : glissements.

Articulation costotransversaire

Cette articulation trochoïde unit une côte à un processus transverse d'une vertèbre (Figure 10.5).

a) **Surfaces articulaires :** fovea costale transversaire et surface articulaire du tubercule costal.

b) **Capsule articulaire :** mince.

c) **Ligaments :** costotransversaires supérieur, latéral et inférieur.

d) **Anatomie fonctionnelle :** rotation.

Articulations sternocostales

Ces articulations paires unissent les sept premières côtes au sternum (Figure 10.6). Ce sont des articulations synoviales (planes), sauf celle de la première côte qui est cartilagineuse (synchondrose). Un ligament sternocostal intraarticulaire sépare deux articulations planes.

a) **Surfaces articulaires :** sternum et sept cartilages costaux.

b) **Capsule articulaire :** sa partie fibreuse réunit le périoste du sternum au périchondre du cartilage costal.

c) **Ligaments :** sternocostaux radiés et sternocostaux intraarticulaires.

d) **Anatomie fonctionnelle :** glissements.

Articulations costochondrales

Articulations fibreuses qui unissent l'os costal au cartilage costal.

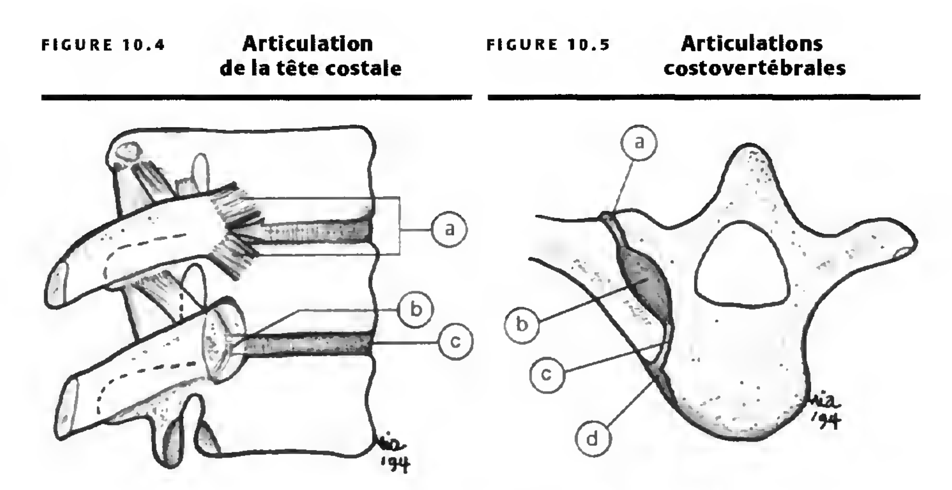


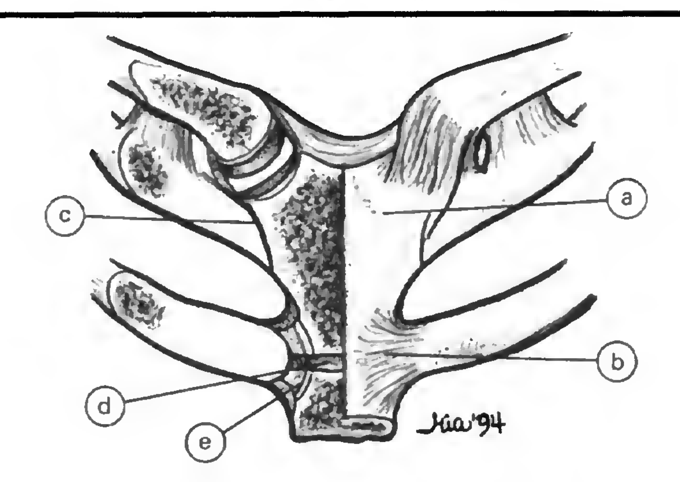
FIGURE 10.4 **Articulation de la tête costale**

a. Ligaments radiés ; b. Ligament intraarticulaire ; c. Disque intervertébral.

FIGURE 10.5 **Articulations costovertébrales**

a. Articulation costotransversaire ; b. Ligament costotransversaire ; c. Articulation de la tête costale ; d. Ligament radié de la tête costale.

FIGURE 10.6 **Articulations sternocostales**



a. Manubrium sternal; b. Ligament sternocostal radié; c. Synchondrose sternocostale; d. Ligament sternocostal intraarticulaire; e. Articulation sternocostale.

Articulations interchondrales

Ce sont des articulations synoviales (planes) unissant les sixième, septième et huitième cartilages costaux.

Mouvements du thorax

Les deux principaux mouvements du thorax sont l'élévation et l'abaissement. L'élévation consiste en un redressement des côtes et une augmentation de la capacité thoracique qui facilitent la respiration. L'abaissement des côtes se définit par un retour à la position normale des côtes et au niveau normal de la capacité thoracique. La cage thoracique est résistante du fait de son élasticité (Vandervael, 1966).

La contraction musculaire est nécessaire à l'inspiration au repos, à l'inspiration forcée et à l'expiration forcée. La contraction musculaire n'est pas nécessaire à l'expiration au repos.

Inspiration

Au moment de l'inspiration, c'est-à-dire à l'instant où l'air extérieur pénètre dans les poumons, les côtes, normalement en position oblique, se redressent; ce phénomène *actif* s'observe plus facilement dans *l'inspiration forcée*. Soumises à la gravité, les côtes recourent à l'action de muscles élévateurs (particulièrement les scalènes) pour se redresser dans l'inspiration forcée; dans la respiration automatique, seul le *diaphragme* semble s'acquitter de ce rôle.

Pour bien comprendre le phénomène de l'inspiration, il faut surtout se rappeler que l'entrée d'air dans les poumons n'est possible que si la pression atmosphérique est plus élevée que la pression à l'intérieur des poumons.

L'inspiration par le nez, qui sert à filtrer et à réchauffer l'air qui pénètre dans les poumons, est la plus naturelle et la plus recommandable.

Expiration

L'expiration calme n'exige aucun effort musculaire ; c'est un phénomène *passif* — pendant lequel la force gravitationnelle agit seule — qui permet à l'air de quitter les poumons. Par contre, dans l'*expiration forcée* (c'est-à-dire dans le cadre d'un exercice exigeant), l'action des muscles devient nécessaire.

Dans le cas de l'*expiration*, qui se fait idéalement par la bouche, la pression à l'intérieur des poumons est supérieure à celle de l'air ambiant.

Muscles du thorax

La majorité des muscles thoraciques profonds ont leur terminaison sur les côtes et jouent un rôle dans l'inspiration ou l'expiration (Rasch et Burke, 1978 ; Wells, 1971).

Diaphragme (*diaphragma*)

Il comporte trois portions : sternale, costale et vertébrale. La portion sternale est moins charnue que les deux autres. La portion vertébrale se compose de deux piliers (interne et externe). Le diaphragme (muscle impalpable) est un muscle en forme de dôme, pourvu d'une cloison musculotendineuse qui sépare les cavités thoracique et abdominale (Figure 10.7). Il est percé de trois grands orifices : le foramen de la veine cave, le hiatus aortique et le hiatus œsophagien.

a) **Origine** : colonne vertébrale (trois premières vertèbres lombales), intérieur des côtes, six derniers cartilages costaux et arrière du processus xiphoïde du sternum.

b) **Terminaison** : les faisceaux charnus convergent vers le centre tendineux qui est fibreux et porte le nom de centre phrénique. Le sommet de la coupole diaphragmatique est au niveau du quatrième espace intercostal.

c) **Action** : inspirateur puissant, il se contracte énergiquement pendant l'effort et intervient dans de nombreux actes (hoquet, vomissement, défécation, miction, accouchement...). Le diaphragme (centre phrénique) s'abaisse d'environ 1,5 cm pendant une inspiration normale. Pendant une inspiration forcée, il s'abaisse de 7 à 12 cm.

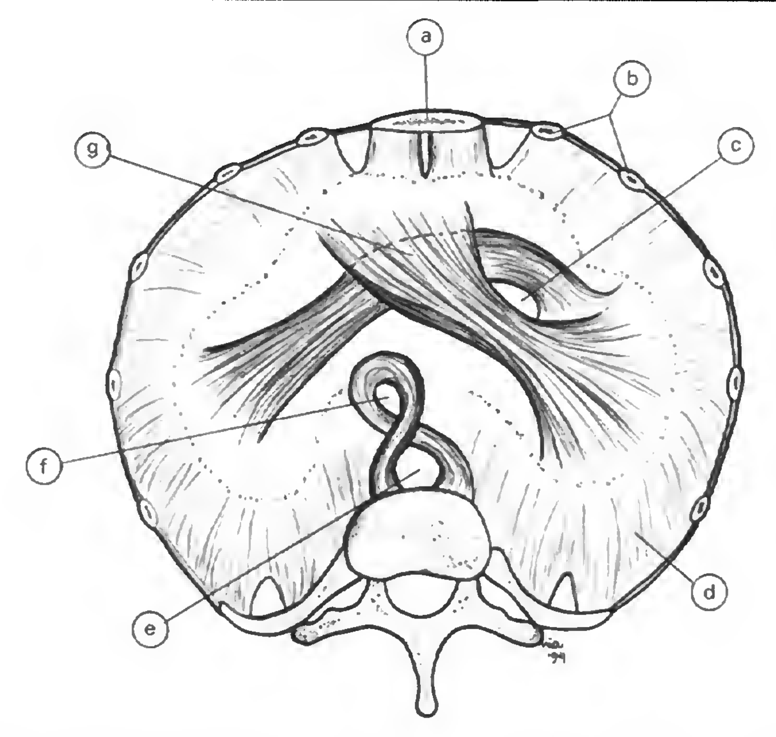
d) **Innervation** : nerf phrénique, six derniers intercostaux et rameaux du sympathique.

Dentelé postérieur inférieur (*serratus posterior inferior*)

Muscle impalpable et pair du dos, tendu de la colonne vertébrale aux côtes (Figure 10.8) ; il décrit une ligne oblique vers le haut et l'extérieur du dos.

a) **Origine** : processus épineux des deux dernières vertèbres thoraciques et des trois premières vertèbres lombales.

FIGURE 10.7 **Face supérieure du diaphragme**



a. Sternum; b. Cartilages costaux; c. Foramen de la veine cave inférieure; d. Portion charnue; e. Hiatus aortique; f. Hiatus œsophagien; g. Centre tendineux.

b) **Terminaison** : bord inférieur des quatre dernières côtes.

c) **Action** : expirateur, il abaisse les dernières côtes.

d) **Innervation** : nerfs intercostaux.

Dentelé postérieur supérieur (*serratus posterior superior*)

Muscle impalpable et pair du dos; il s'étend de la colonne vertébrale aux côtes (Figure 10.8). Il décrit une ligne oblique vers le haut et l'intérieur du dos.

a) **Origine** : processus épineux des deux dernières vertèbres cervicales et des deux premières vertèbres dorsales, ligaments supraépineux correspondants.

b) **Terminaison** : face externe des deuxième, troisième, quatrième et cinquième côtes.

c) **Action** : inspirateur, il élève les deuxième, troisième, quatrième et cinquième côtes.

d) **Innervation** : nerfs intercostaux.

Transverse de l'abdomen (*transversus abdominis*)

C'est le muscle le plus profond (impalpable) de la paroi antérolatérale de l'abdomen (Figure 10.9). Il est constitué de fibres qui se portent d'arrière en avant,

horizontalement, pour continuer une vaste lame tendineuse. Ce muscle pair peut faire défaut.

a) **Origine** : face interne des six dernières côtes, fascia thoracolombal, processus transverses des vertèbres lombales, deux tiers antérieurs de la lèvre interne de la crête coxale et tiers externe du ligament inguinal.

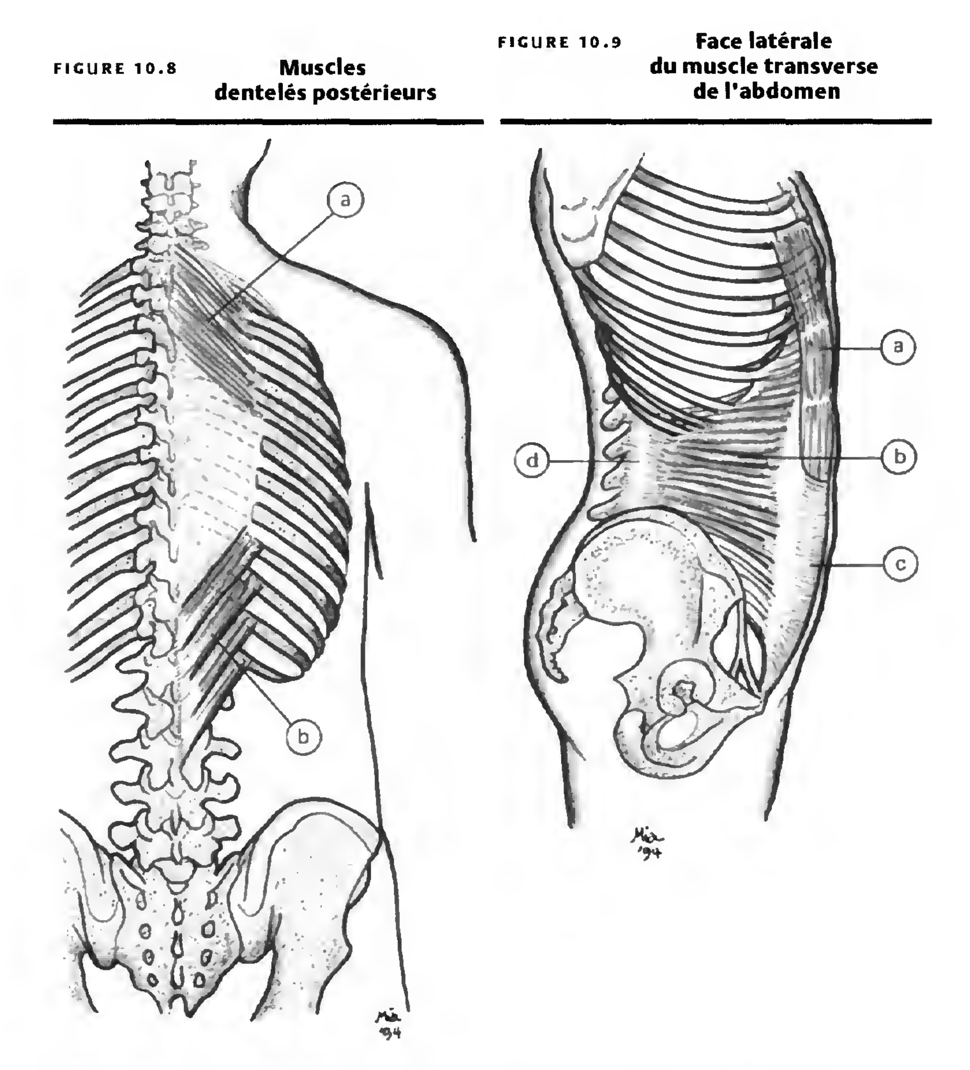
b) **Terminaison** : ligne blanche.

c) **Action** : expirateur, il augmente la pression intraabdominale par sa contraction bilatérale.

d) **Innervation** : nerfs intercostaux, iliohypogastrique, ilio-inguinal et génitofémoral.

FIGURE 10.8 **Muscles dentelés postérieurs**

FIGURE 10.9 **Face latérale du muscle transverse de l'abdomen**



a. Muscle dentelé postérieur supérieur ; b. Muscle dentelé postérieur inférieur.

a. Muscle droit de de l'abdomen ; b. Muscle transverse de l'abdomen ; c. Gaine du muscle droit de l'abdomen ; d. Fascia thoracolombal.

Élévateurs des côtes (*levatores costarum*)

Muscles profonds (impalpables) de la face externe dorsale du thorax (Figure 10.10) ; ils sont petits, triangulaires et situés de chaque côté de la colonne. On en dénombre douze paires.

a) **Origine** : sommet des processus transverses de C7 et de T1 à T11.

b) **Terminaison** : face externe des côtes entre le tubercule et l'angle.

c) **Action** : inspirateurs, ils élèvent les côtes.

d) **Innervation** : nerfs intercostaux.

Intercostaux internes (*intercostales interni*)

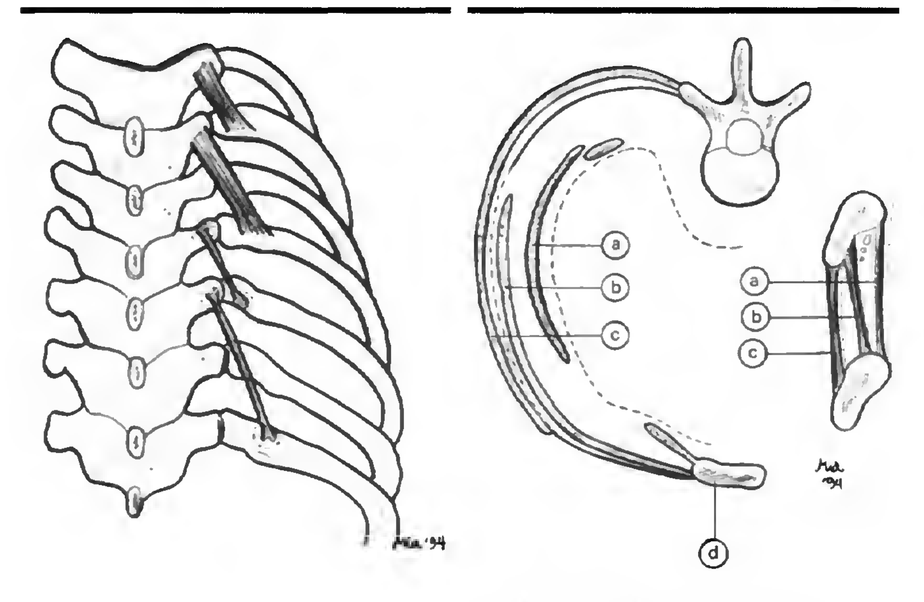
Muscles impalpables de l'espace intercostal (Figure 10.11) ; ils logent entre les muscles intercostaux externes et intimes, et s'étendent depuis le sternum jusqu'aux angles de la côte où ils se prolongent par les membranes intercostales internes.

a) **Origine** : leurs fibres prennent naissance sur le bord inférieur de la lèvre externe des côtes et des cartilages costaux.

b) **Terminaison** : leurs fibres se portent obliquement vers le bas et l'arrière pour se fixer sur le bord supérieur interne de la côte et du cartilage costal. Leurs fibres forment un V inversé, comme celles du muscle oblique interne.

FIGURE 10.10 **Muscles élévateurs des côtes**

FIGURE 10.11 **Coupes horizontale (à gauche) et longitudinale (à droite) des muscles intercostaux**



a. Intercostal intime ; b. Intercostal interne ; c. Intercostal externe ; d. Sternum.

c) **Action** : expirateurs auxiliaires, ils solidarisent les côtes par leur tonicité, tout en protégeant l'intérieur du thorax contre la pression atmosphérique.

d) **Innervation** : nerfs intercostaux.

Intercostaux intimes (*intercostales intimi*)

Ce sont les muscles (impalpables) les plus profonds de l'espace intercostal (Figure 10.11). Minces, ils s'étendent depuis les angles costaux jusqu'à environ 5 cm du bord latéral du sternum.

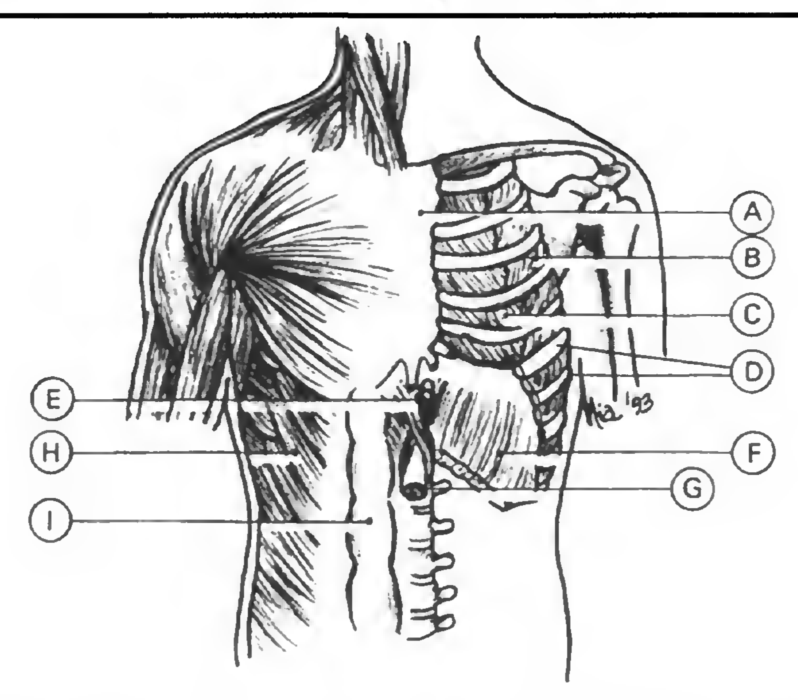
a) **Origine** : leurs fibres prennent naissance sur le bord inférieur de la lèvre interne des côtes.

b) **Terminaison** : leurs fibres se portent obliquement vers le bas et l'arrière pour se fixer sur le bord supérieur interne de la côte. Leurs fibres forment un V inversé.

c) **Action** : expirateurs auxiliaires.

d) **Innervation** : nerfs intercostaux.

FIGURE 10.12 **Muscles antérieurs superficiels (à gauche) et profonds (à droite) du thorax**



A. Sternum ; B. Intercostal externe ; C. Intercostal interne ; D. Côtes ; E. Œsophage ; F. Diaphragme ; G. Aorte abdominale ; H. Oblique externe de l'abdomen ; I. Droit de l'abdomen.

Intercostaux externes (*intercostales externi*)

Muscles (palpables) les plus superficiels de l'espace intercostal (Figure 10.11) ; ils s'étendent depuis les articulations costotransversaires jusqu'aux cartilages costaux.

a) **Origine** : leurs fibres prennent naissance sur le bord inférieur de la lèvre externe des côtes.

b) **Terminaison** : leurs fibres se portent obliquement vers le bas et l'avant pour se fixer sur le bord supérieur de la côte sous-jacente. Leurs fibres forment un V, comme celles du muscle oblique externe.

c) **Action** : inspirateurs auxiliaires.

d) **Innervation** : nerfs intercostaux.

La Figure 10.12 illustre les muscles agissants du thorax.

Lésions de la région du thorax

1. Lésions au thorax

A. Fractures aux côtes

Fréquentes chez l'adulte, les fractures des côtes sont beaucoup plus rares chez l'enfant dont le thorax possède une plus grande souplesse. Elles sont spécialement fréquentes dans les sports de contact. Habituellement provoquées par une chute ou un coup, elles causent une douleur aiguë et le gonflement des tissus adjacents. Les fractures touchant un nombre limité de côtes sont bénignes et on les traite simplement à l'aide d'analgésiques. En revanche, les fractures des côtes peuvent s'accompagner d'une complication : la lésion, par un fragment osseux, d'un organe sous-jacent (plèvre ou poumon). En pareil cas, un épanchement du sang (hémothorax) ou un épanchement d'air (pneumothorax) peut survenir dans la cavité pleurale du poumon. Les fractures des cinq dernières côtes risquent de s'accompagner d'atteintes abdominales ou rénales.

B. Diaphragme

Les orifices du diaphragme, en particulier l'orifice œsophagien, peuvent être anormalement larges et laisser une partie de l'estomac s'échapper du muscle : cela s'appelle une ***hernie hiatale***. Des contractions spasmodiques répétées et involontaires du diaphragme, suivies d'une fermeture brutale de la glotte qui coupe l'arrivée d'air, provoquent le ***hoquet***. Enfin, une lésion des nerfs phréniques entraîne une ***paralysie diaphragmatique***, qui empêche les poumons de se distendre complètement à l'inspiration.

C. Souffle coupé

Quand un sportif reçoit un coup à l'abdomen, il n'est pas inhabituel qu'il se plie en deux, le souffle coupé. En pareille situation, il faut éviter de soulever le blessé. Il est

préférable de le laisser s'accroupir de manière à ce que ses muscles respiratoires et abdominaux puissent se décontracter.

2. Maladies et infections

A. Asthme

Affection caractérisée par des crises de dyspnée (gêne respiratoire) paroxystique sifflante qui témoignent d'une contraction brutale des muscles lisses commandant l'ouverture et la fermeture des bronches; un œdème et une hypersécrétion des muqueuses des voies aériennes (pharynx, larynx, trachée, fosses nasales) s'associent à ces crises. L'asthme est une affection assez fréquente; elle touche de 2 à 5 % de la population et ses premières manifestations surviennent habituellement entre l'âge 5 et 15 ans. L'hérédité est l'un des facteurs déterminants du développement de l'asthme. On distingue l'asthme de l'adulte (de gravité variable) et l'asthme de l'enfant (vers 2 ou 3 ans) qui gêne souvent le développement thoracique.

L'exercice physique, surtout à l'air froid, peut entraîner une crise d'asthme, durant ou après un effort prolongé. La natation, qui se pratique dans une atmosphère chaude et humide, est le sport qui privilégie les asthmatiques. Ils tolèrent mal certains sports d'endurance (course à pied, ski de fond) s'ils ne s'imposent pas une période d'échauffement suffisante.

B. Bronchite

Inflammation des bronches, aiguë ou chronique, qui se traduit par une toux grasse et des expectorations. La bronchite aiguë, l'une des affections respiratoires les plus fréquentes, est causée par une infection virale des bronches ou des bronchioles. Le tabagisme et la pollution atmosphérique, surtout en hiver, favorisent sa soudaine apparition; elle est cependant de brève durée (deux semaines).

C. Emphysème

Affection diffuse des poumons caractérisée par la distension des alvéoles et la destruction de leur paroi, dont les causes restent souvent indéterminées, mais le grand âge est un facteur de prédisposition.

3. Phénomènes respiratoires particuliers à certains sports

A. Second souffle

Les premières minutes d'un exercice peuvent sembler très pénibles. Une gêne respiratoire peut même se manifester. Il est possible qu'ensuite ces difficultés s'atténuent, que le sujet trouve un « second souffle ». Les facteurs responsables de la gêne éprouvée au début peuvent provenir de l'accumulation de métabolites dans les muscles en activité et dans le sang, accumulation imputable à l'incapacité du système de transport à répondre aux besoins de l'organisme en ce sens.

On ignore quel mécanisme physiologique intervient pour faire connaître au système nerveux central ces changements du milieu interne et lui permettre de

répondre aux besoins de l'organisme. Lors d'un exercice intense, on observe effectivement d'abord une hypoventilation provoquée par l'inertie de la régulation chimique de ventilation. L'inadéquation du rapport tension/longueur au niveau des muscles intercostaux y joue sans doute un rôle. Lorsque le second souffle prend le relai, le débit ventilatoire augmente et s'adapte aux besoins.

B. Altitude

En altitude, la quantité d'air diminue et, par conséquent sa pression diminue. À 3 000 m, par exemple, la pression atmosphérique est de 500 mm Hg. La capacité de déployer des efforts physiques à des altitudes dépassant 1 500 m diminue, et ceci de manière directement proportionnelle à l'altitude. L'amélioration de la performance, dans le cadre d'un séjour en haute altitude, découle de ***l'acclimatation***. Toutefois, la performance n'y atteint jamais une valeur aussi élevée qu'au niveau de la mer. La facilité d'acclimatation varie d'une personne à l'autre. En fait, un petit nombre de personnes ne s'acclimatent jamais et continuent à souffrir du ***mal des montagnes*** tant qu'elles sont en haute altitude. Cela arrive même à des gens qui sont nés et qui ont vécu en altitude. Soudainement, pour des raisons qu'on ignore, ces personnes souffrent du mal des montagnes. Ce mal se manifeste par un œdème pulmonaire, des nausées, des vomissements, des maux de tête, un pouls rapide et de l'anorexie (perte de l'appétit). Il faut immédiatement consulter un médecin.

C. Plongée sous-marine

L'air exerce une pression de 1 atmosphère, soit 760 mm Hg au niveau de la mer. Sous l'eau, la pression est d'autant plus élevée que la profondeur est grande, et elle augmente d'une atmosphère tous les 10 m. Ainsi, la pression totale qui s'exerce sur un plongeur à 30 m sous l'eau est de 4 atmosphères, car il faut tenir compte en outre de la pression qu'exerce l'air. Plusieurs problèmes sont associés à la plongée sous-marine ; en voici deux, qui sont les plus importants.

a) Lorsqu'un plongeur remonte vers la surface, l'air qui occupe l'espace de ses poumons se dilate puisque la pression diminue. Si le plongeur garde sa glotte fermée, la dilatation de l'air peut devenir excessive et entraîner la rupture des alvéoles. De petites bulles d'air s'infiltrent alors dans le sang et peuvent bloquer des artères importantes. Ces bulles d'air forment des ***embolies*** (du grec : bouchon). La rupture des alvéoles peut aussi entraîner l'accumulation d'air dans la cavité pleurale. C'est ce qu'on appelle un ***pneumothorax***. Dans ce cas, l'air qui s'infiltre dans la cavité pleurale compresse le poumon et le rend non fonctionnel. Pour éviter cela, il est important de laisser sortir l'air des poumons pendant la remontée.

b) La narcose par l'azote (l'ivresse des profondeurs) découle de la profondeur de la plongée et du temps passé à cette profondeur. La narcose par l'azote atteint le système nerveux central : elle entraîne d'abord une sensation d'étourdissement,

puis un ralentissement des processus mentaux, et enfin un sentiment d'euphorie. Ces effets varient toutefois d'un individu à l'autre et sont similaires à ceux que provoque l'alcool.

Le saviez-vous ?

1. Le périmètre thoracique mamelonnaire se mesure à partir de la pointe du sein (mamelon) et de l'angle inférieur de la scapula, dans un plan transversal (horizontal).
2. L'indice du périmètre thoracique est défini par le rapport

   $$I = \frac{\text{périmètre thoracique (mamelonnaire)} \times 100}{\text{taille}}$$

   Ses valeurs sont les suivantes :

   thorax étroit $I \leq 49{,}9$;

   thorax moyen $I \leq 55{,}9$;

   thorax large $I \geq 56{,}0$.
3. La cage thoracique augmente sa capacité dans toutes les directions, sauf vers le haut et l'arrière.
4. Le meilleur moyen de retrouver son souffle, après une course épuisante ? Rester debout, tronc droit.
5. La calcification des cartilages costaux se produit à un âge avancé et entraîne une perte de l'élasticité de la cage thoracique. Il en résulte une gêne des mouvements respiratoires qui devient permanente et s'exprime par le « souffle court » du vieillard.
6. L'élasticité des cartilages costaux permet au thorax de changer de volume pendant la respiration.



Page laissée blanche

CHAPITRE 11

Ceinture pelvienne et cuisse

Os de la ceinture pelvienne

La ceinture pelvienne est formée par deux os, les os coxaux (Figure 11.1). Chaque os coxal est impair et constitué par la fusion de trois os embryonnaires : l'ilium, l'ischium et le pubis. L'os coxal est comparable à une hélice à deux pales dont la pale supérieure est l'ilium et dont la pale inférieure, percée du foramen obturé, se compose de l'ischium et du pubis. Sur la face externe de l'os coxal se trouve une profonde cavité articulaire, l'acétabulum. La synostose des trois points primitifs se produit entre 5 et 7 ans (Kahle, Leonhardt et Platzer, 1988).

Acétabulum

L'acétabulum est une surface articulaire très profonde, excavée sur le segment moyen de la face externe de l'os coxal. Elle s'articule avec la tête du fémur. Elle est constituée d'une surface semilunaire, encroûtée de cartilage et ouverte à la base (l'incisure de l'acétabulum), qui entoure une surface non cartilagineuse (non articulaire), la fosse de l'acétabulum (arrière-fond qui reçoit le ligament de la tête fémorale). Le mot acétabulum désignait autrefois un bilboquet avec lequel les bouffons amusaient leurs maîtres.

Foramen obturé

Large orifice de la partie inférieure de l'os coxal, il est de forme triangulaire chez la femme et ovalaire chez l'homme. Il est fermé par une membrane fibreuse (obturatrice), sauf à son point le plus élevé par où passent le nerf obturateur et des vaisseaux sanguins.

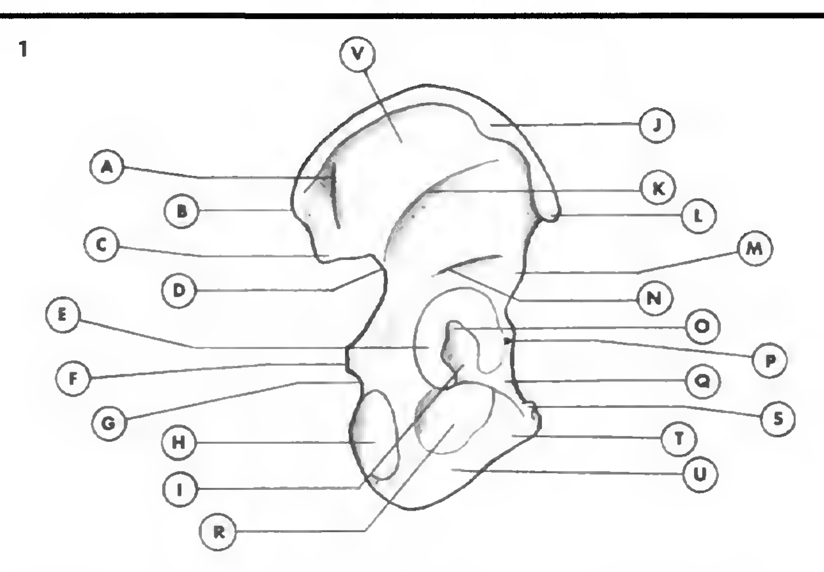
Ilium

L'ilium est l'une des trois parties osseuses qui constituent primitivement chaque os coxal. Il correspond à la partie supérieure aplatie et élargie de cet os et comprend un corps et une aile. Le corps, épais, participe à la formation de l'acétabulum et porte, sur sa face interne, la ligne arquée. L'aile comporte une face glutéale (externe) parcourue par les lignes glutéales en saillie. La face interne se caractérise par la présence de la fosse iliaque, de la surface auriculaire (pour le sacrum), de la tubérosité iliaque et d'un bord supérieur et épais, la crête iliaque.

a) Crête illiaque : forme la saillie de la hanche. Elle se termine, à l'avant, par une projection, l'épine iliaque antérosupérieure. Sous cette épine, se trouve une

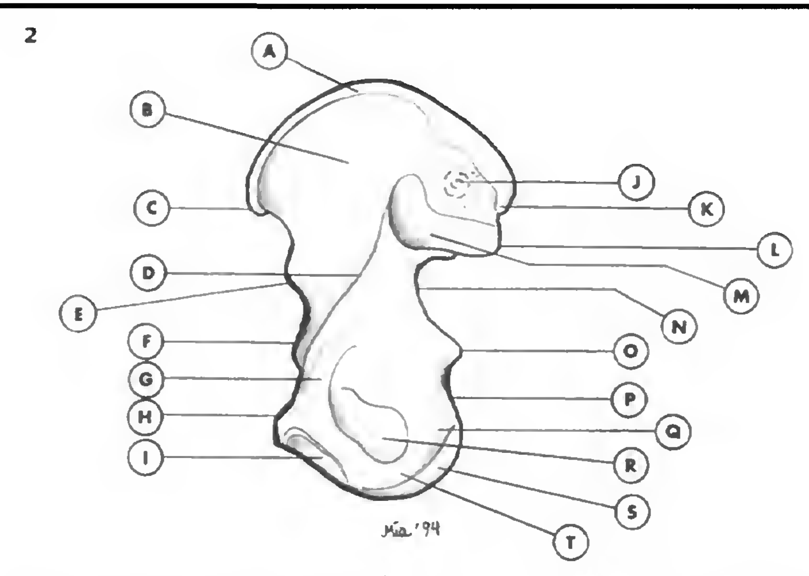
FIGURE 11.1 **Faces latérale (1) et médiale (2) de l'os coxal**

1



A. Ligne glutéale postérieure; B. Épine iliaque postérosupérieure; C. Épine iliaque postéro-inférieure; D. Grande incisure ischiatique; E. Surface semilunaire de l'acétabulum; F. Épine ischiatique; G. Petite incisure ischiatique; H. Tubérosité ischiatique; I. Incisure de l'acétabulum; J. Tubercule iliaque; K. Ligne glutéale antérieure; L. Épine iliaque antérosupérieure; M. Épine iliaque antéro-inférieure; N. Ligne glutéale inférieure; O. Fosse de l'acétabulum; P. Éminence iliopectinée; Q. Branche supérieure du pubis; R. Foramen obturé; S. Tubercule du pubis; T. Branche inférieure du pubis; U. Branche de l'ischium; V. Face glutéale de l'os ilium.

2



A. Crête iliaque; B. Fosse iliaque interne; C. Épine iliaque antérosupérieure; D. Ligne arquée; E. Épine iliaque antéro-inférieure; F. Éminence iliopectinée; G. Branche supérieure du pubis; H. Tubercule du pubis; I. Surface articulaire du pubis; J. Tubérosité iliaque; K. Épine iliaque postérosupérieure; L. Épine iliaque postéro-inférieure; M. Surface auriculaire; N. Grande incisure ischiatique; O. Épine ischiatique; P. Petite incisure ischiatique; Q. Corps de l'ischium; R. Foramen obturé; S. Tubérosité ischiatique; T. Branche de l'ischium.

autre projection arrondie, l'épine iliaque antéro-inférieure. À l'arrière, la crête iliaque prend fin au niveau de l'épine iliaque postérosupérieure sous laquelle se trouve l'épine iliaque postéro-inférieure.

b) **Grande incisure ischiatique** : profonde, elle est située sous l'épine iliaque postéro-inférieure. Elle laisse passage au nerf sciatique, à certains autres nerfs, à des vaisseaux et au muscle piriforme.

c) **Fosse iliaque** : surface lisse et légèrement concave qui se trouve au-dessus de la ligne arquée de l'ilium.

d) **Lignes glutéales** : au nombre de trois (postérieure, inférieure et antérieure), elles se situent sur la surface externe de l'ilium. Les trois muscles fessiers ont leur point d'origine entre ces lignes.

e) **Ligne arquée de l'ilium** : crête saillante de la face interne de l'os ilium, qui décrit un arc oblique vers le bas et l'avant.

f) **Surface auriculaire de l'ilium (auricule de l'ilium, facette auriculaire de l'ilium)** : surface articulaire de la face interne de l'os coxal qui répond à une surface semblable du sacrum. De forme globalement convexe, elle a l'allure d'un pavillon d'oreille à concavité postérosupérieure.

Ischium

L'ischium est l'une des trois parties osseuses qui constituent primitivement chaque os coxal. Il est la partie postéro-inférieure de cet os et comprend un corps, une branche et une tubérosité. Le corps de l'ischium participe à la formation de l'acétabulum. La branche de l'ischium borne, dans sa partie inférieure, le foramen obturé et s'unit à la branche inférieure du pubis. La tubérosité ischiatique, volumineuse, forme l'angle postérieur de l'os coxal; elle est surmontée de la petite échancrure ischiatique et de l'épine ischiatique.

a) **Épine** : projection triangulaire qui prend naissance sur le bord postérieur de l'os coxal et se situe derrière l'acétabulum.

b) **Tubérosité** : élargissement rugueux qui se trouve sur le bord postéro-inférieur de l'ischium. La tubérosité supporte la masse du corps en position assise (point d'attache des muscles ischiojambiers).

c) **Petite incisure** : découpure qui sépare l'épine ischiatique et la tubérosité ischiatique. Par elle passent le tendon du muscle obturateur interne, quelques nerfs et des vaisseaux sanguins.

d) **Corps de l'ischium** : portion supérieure épaissie de l'ischium, il entre dans la constitution de la partie postérieure de l'acétabulum.

Pubis

Le pubis est l'une des trois parties osseuses qui constituent primitivement chaque os coxal dont il est la partie antéro-inférieure. L'union des pubis droit et gauche

constitue la paroi antérieure du bassin osseux. Le pubis se compose d'un corps et de deux branches (supérieure et inférieure). La branche supérieure a trois faces et trois bords. À l'extrémité médiale du bord postérieur s'élève le tubercule pubien. La branche inférieure délimite par sa base le foramen obturé. La symphyse pubienne est le point de jonction des branches supérieures de chaque os pubis.

a) **Branche inférieure** : projection de la symphyse pubienne, vers le bas et l'arrière. Elle joint l'ischium pour former le bord inférieur du foramen obturé.

b) **Tubercule du pubis** : projection de la branche supérieure. Le tubercule est voisin de la symphyse pubienne.

c) **Branche supérieure** : branche s'étendant vers l'avant, à partir de l'acétabulum, pour former le bord supérieur du foramen obturé.

d) **Éminence iliopectinée** : saillie arrondie et peu prononcée du corps du pubis.

Cavités pelviennes

Le bassin (pelvis) est divisé en deux parties par un plan oblique qui s'étend depuis le promontoire sacré jusqu'au bord supérieur de la symphyse pubienne, le long de la ligne arquée de la surface interne de chaque ilium divise le bassin (pelvis) en deux parties (Figure 11.2). La circonférence de ce plan délimite le détroit supérieur du bassin (ouverture supérieure du pelvis). Il marque la frontière entre le grand bassin et le petit bassin (Marieb, 1999 ; Spence et Mason, 1983).

Le grand bassin est la portion du pelvis sise au-dessus du détroit supérieur. Il est constitué essentiellement par les fosses iliaques des os coxaux, les ailes du sacrum et la cinquième vertèbre lombale. Il délimite un espace, la grande cavité pelvienne qui contient des viscères de l'appareil digestif, et il se continue dans la cavité abdominale. Le petit bassin est la portion du pelvis située sous le détroit supérieur. Constitué par les pubis, les ischiums, une partie des iliums, le sacrum et le coccyx, il délimite un espace, la petite cavité pelvienne, qui contient des viscères urogénitaux et le rectum. Le détroit inférieur du bassin (ouverture inférieure du pelvis) est l'orifice inférieur du pelvis. Il est délimité par l'arc pubien, les bords inférieurs de la branche de l'ischium, les ligaments sacro-tubéraux et le coccyx.

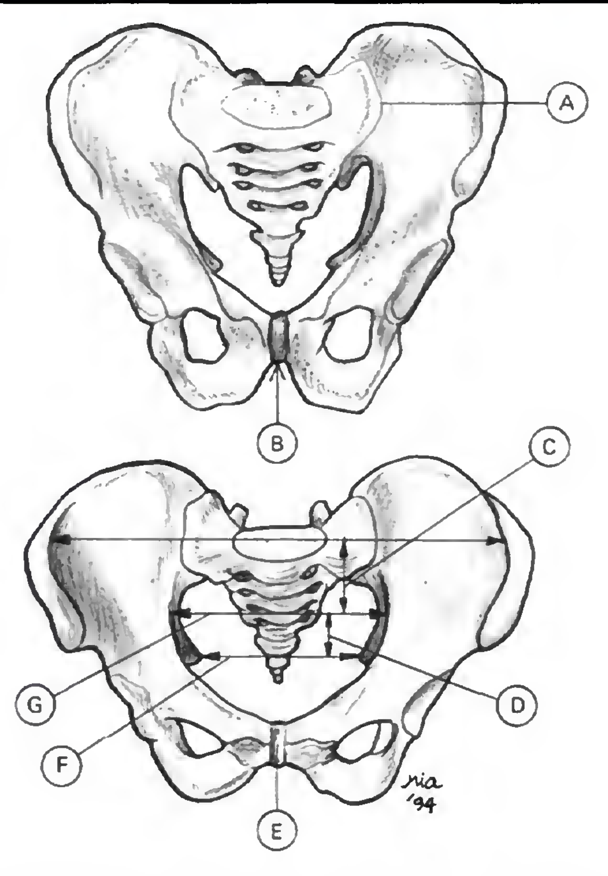
Particularités du bassin selon le sexe

Comme le fœtus, au moment de la naissance, doit passer du grand bassin au petit bassin, les dimensions des détroits supérieur et inférieur sont d'une très grande importance. Plusieurs particularités anatomiques différencient donc le bassin de l'homme de celui de la femme ; la plupart de ces particularités, dont les principales sont énumérées au Tableau 11.1 et illustrées à la Figure 11.2, sont reliées à la maternité.

TABLEAU 11.1 **Comparaison des bassins masculin et féminin**

Structure anatomique	Femme	Homme
Bassin	Plus léger, plus mince, Plus délicat	Plus lourd, plus épais, Plus d'évidences d'attaches musculaires
Épines iliaques antérosupérieures	Plus distancées (hanches plus larges)	Plus rapprochées
Détroit supérieur	Grand et circulaire	Forme de cœur
Détroit inférieur	Plus large	Plus étroit
Angle subpubien	Plus circulaire, obtus	Moins circulaire, aigu
Foramen obturé	Plus triangulaire	Plus ovalaire
Acétabulum	Antérieur	Latéral

FIGURE 11.2 **Vue antérieure des bassins de l'homme (en haut) et de la femme (en bas)**

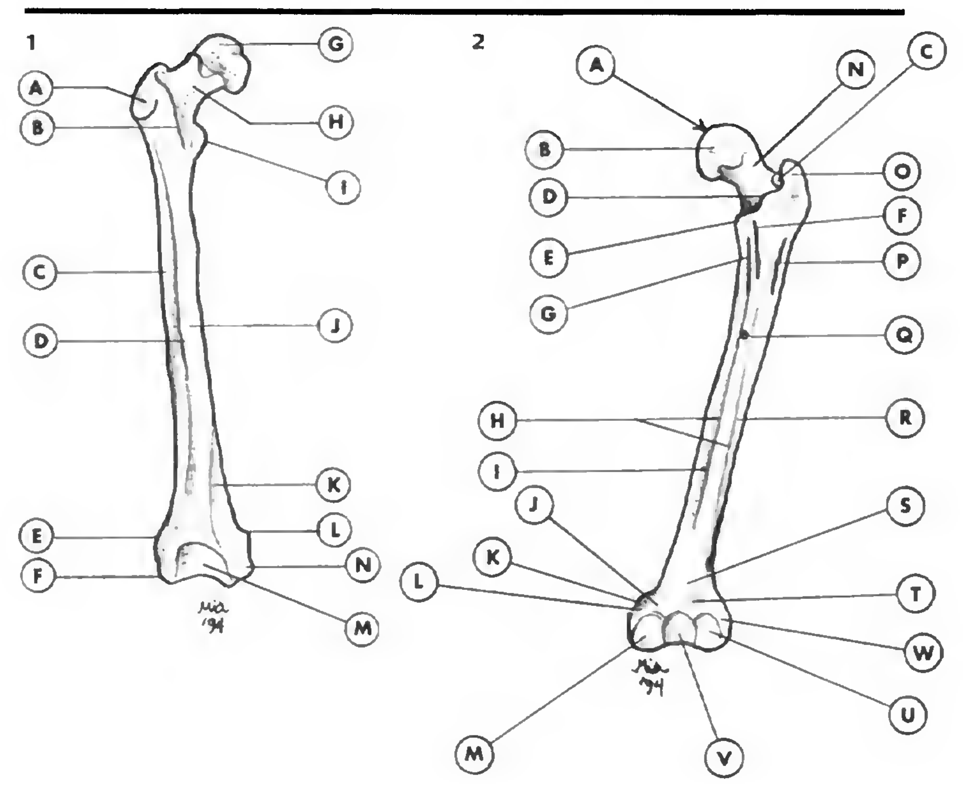


A. Articulation sacro-iliaque ; B. Arcade pubienne ; C. Grand bassin ; D. Petit bassin ; E. Symphyse pubienne ; F. Détroit inférieur ; G. Détroit supérieur.

Os de la cuisse

La cuisse est le segment proximal du membre inférieur. L'os qui forme le squelette de la cuisse est le fémur (Figure 11.3), dont le sommet s'articule avec l'os coxal et la base avec le tibia et la patella. La tête fémorale, le col fémoral, le grand trochanter et le petit trochanter constituent son épiphyse proximale. Le fémur a un corps prismatique triangulaire qui comporte trois faces (antérieure, postéromédiale et postérolatérale) et trois bords (médial, latéral et postérieur). Son épiphyse distale est très volumineuse et porte la fosse intercondylienne et les condyles latéral et médial (Kahle, Leonhardt et Platzer, 1988). En voici les principales parties.

FIGURE 11.3 **Face antérieure (1) et postérieure (2) du fémur**



1.

A. Grand trochanter; B. Ligne intertrochantérique; C. Face postérolatérale; D. Bord latéral; E. Épicondyle latéral; F. Condyle latéral; G. Tête; H. Col; I. Petit trochanter; J. Face antérieure; K. Bord médial; L. Tubercule de l'adducteur; M. Surface patellaire; N. Condyle médial.

2.

A. Fovea capitis; B. Tête; C. Fosse trochantérique; D. Crête intertrochantérique; E. Petit trochanter; F. Ligne pectinée; G. Ligne spirale; H. Ligne âpre (bord postérieur); I. Face postéromédiale; J. Tubérosité supracondylienne médiale; K. Tubercule de l'adducteur; L. Épicondyle médial; M. Condyle médial; N. Col; O. Grand trochanter; P. Tubérosité glutéale; Q. Trou nourricier; R. Face postérolatérale; S. Surface poplitée; T. Tubérosité supracondylienne latérale; U. Condyle latéral; V. Surface patellaire; W. Épicondyle latéral.

a) Tête du fémur : saillie lisse et arrondie de l'extrémité supérieure du fémur qui s'articule avec l'acétabulum de l'os coxal. Elle a la forme d'une sphère d'environ 25 mm de rayon, amputée d'un tiers, dont l'axe est orienté vers le haut, l'intérieur et l'avant. Elle est encroûtée de cartilage, sauf au niveau d'une zone, la fovea capitis.

b) Fovea capitis (fossette de la tête fémorale): dépression ovalaire située à l'arrière et légèrement sous le sommet de la tête fémorale. Sur cette fossette non encroûtée de cartilage s'insère le ligament de la tête fémorale.

c) Col du fémur : partie rétrécie et allongée de l'extrémité proximale du fémur, le col relie la tête aux deux trochanters. Le col est long d'environ 40 mm et son axe forme, avec celui de la diaphyse, l'angle cervicodiaphysaire.

d) Grand trochanter : éminence osseuse, volumineuse et quadrangulaire, qui prolonge la diaphyse fémorale et surplombe le col du fémur.

e) Petit trochanter : saillie conique et arrondie, à la jonction du col et du corps de la face médiale (postérieure) du fémur. Le muscle iliopsoas s'insère sur le petit trochanter.

f) Fosse trochantérique : dépression profonde et arrondie de la face médiale du grand trochanter dans laquelle s'insère le tendon du muscle obturateur externe.

g) Ligne âpre : crête osseuse saillante et rugueuse qui constitue le bord postérieur de la diaphyse fémorale. Large d'environ 5 mm, elle est creusée d'une gouttière longitudinale, la gouttière de la ligne âpre. De nombreux muscles de la cuisse s'y insèrent.

h) Surface poplitée : région de la face postérieure de l'extrémité distale du fémur, limitée de chaque côté par l'extrémité distale des lèvres de la ligne âpre.

i) Surface patellaire : zone articulaire de la face antérieure de l'épiphyse distale du fémur. Elle s'articule avec la patella.

j) Épicondyle latéral du fémur : saillie osseuse peu marquée, située au-dessus du condyle latéral du fémur.

k) Épicondyle médial du fémur : saillie osseuse très marquée, située au-dessus du condyle médial du fémur.

l) Condyle latéral du fémur : masse osseuse volumineuse qui constitue la partie latérale de l'extrémité distale du fémur. Déjeté en arrière, le condyle latéral s'articule avec la glénoïde latérale du tibia. Il est plus large, moins long et moins haut que son homonyme médial.

m) Condyle médial du fémur : masse osseuse volumineuse, qui constitue la partie médiale de l'extrémité distale du fémur. Déjeté en arrière, le condyle médial s'articule avec la glénoïde médiale du tibia. Il est moins large, plus long et plus haut que son homonyme latéral.

n) **Fosse intercondylaire** : vaste échancrure de la face postérieure de l'extrémité inférieure du fémur, comprise entre les deux condyles.

o) **Tubercule de l'adducteur** : saillie osseuse conique de l'extrémité distale du bord médial du fémur. Le muscle grand adducteur s'y insère.

p) **Crête intertrochantérique** : saillie osseuse qui réunit à l'arrière les deux trochanters.

q) **Ligne intertrochantérique** : petite rugosité oblique qui réunit à l'avant les grand et petit trochanters. Elle est bien marquée à ses extrémités par deux petits tubercules prétrochantériques, le supérieur et l'inférieur.

Articulations du pelvis et de la hanche

Les os coxaux s'articulent à l'avant par la symphyse pubienne et à l'arrière par les articulations sacro-iliaques. L'articulation de la hanche est l'articulation coxofémorale (Norkin et Levangie, 1992).

Symphyse pubienne

Articulation antérieure du pelvis (Figure 11.4), la symphyse pubienne met en présence les deux surfaces symphysaires des os coxaux. C'est une amphiarthrose.

a) **Surfaces articulaires** : surfaces symphysaires des os coxaux.

b) **Ligaments** : l'interligne articulaire est comblé par un disque interpubien, il est maintenu par le ligament arqué du pubis et les ligaments pubiens supérieur, antérieur et postérieur.

c) **Anatomie fonctionnelle** : mouvements inexistants. Au moment de l'accouchement, une ouverture latérale de quelques centimètres peut se produire.

Articulation sacro-iliaque

Articulation paire du pelvis mettant en présence l'os coxal et le sacrum. C'est une articulation synoviale de type ellipsoïde (condylaire) chez la femme et en selle chez l'homme.

a) **Surfaces articulaires** : surfaces auriculaires de l'os coxal et du sacrum.

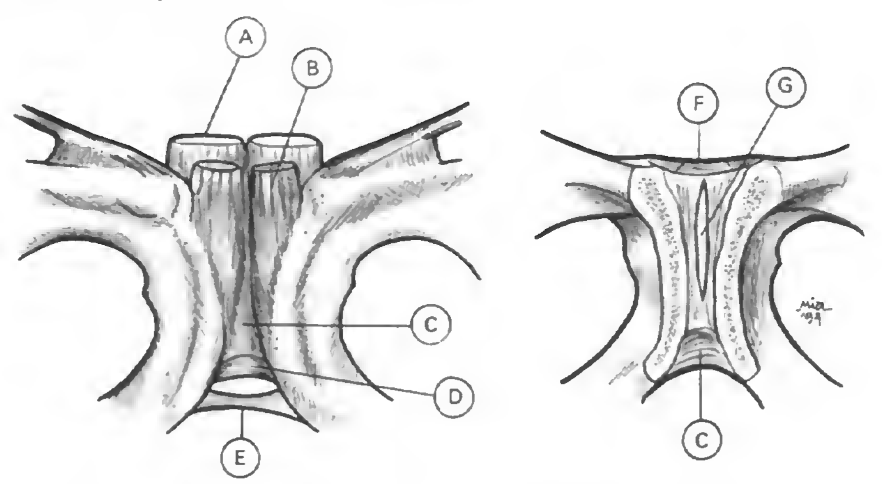
b) **Capsule articulaire** : membrane fibreuse épaisse. Sa cavité synoviale est peu étendue.

c) **Ligaments** : sacro-iliaques ventraux, dorsaux et interosseux.

d) **Anatomie fonctionnelle** : mouvements de faible amplitude qui s'observent essentiellement au moment de l'accouchement. Il s'agit le plus souvent d'une bascule de la base du sacrum vers l'avant (nutation) ou l'arrière (contre-nutation).

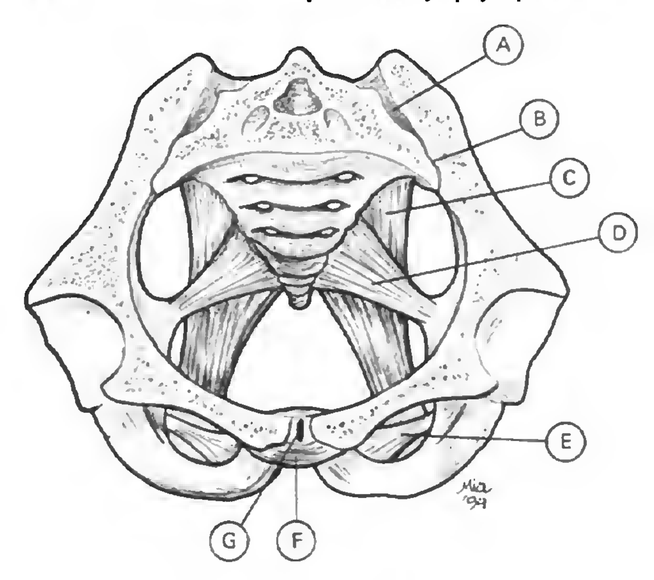
FIGURE 11.4 **La symphyse pubienne**

Face antérieure (à gauche) et coupe frontale antérieure (à droite) de la symphyse pubienne



A. Muscle droit de l'abdomen; B. Muscle pyramidal; C. Ligament antérieur; D. Ligament arqué du pubis; E. Ligament transverse du périnée; F. Ligament supérieur; G. Disque interpubien et fente interpubienne (inconstante).

Coupe horizontale de l'articulation sacro-iliaque et de la symphyse pubienne



A. Ligament sacro-iliaque interosseux; B. Interligne sacro-iliaque; C. Ligament sacro-tubéral; D. Ligament sacro-épineux; E. Membrane obturatrice; F. Ligament antérieur de la symphyse pubienne; G. Disque interosseux.

Articulation coxofémorale ou de la hanche

Cette articulation unit la ceinture pelvienne au membre inférieur (Figure 11.5). Synoviale, elle est de type sphéroïde. C'est une articulation plus stable que celle de l'épaule.

a) **Surfaces articulaires** : acétabulum de l'os coxal, tête fémorale et labrum acétabulaire.

b) **Capsule articulaire** : du bord de l'acétabulum jusqu'au col du fémur, elle entoure complètement l'articulation. La tête du fémur s'insère dans la zone orbiculaire comme un bouton dans une boutonnière.

c) **Ligaments** : épais, au nombre de quatre, ce sont l'iliofémoral, l'ischiofémoral, le pubofémoral et le ligament de la tête fémorale. Le ligament iliofémoral est un ligament de la face antérieure de l'articulation coxofémorale. Le ligament iliofémoral (ligament de Bertin) est le plus puissant ligament humain : sa résistance à la traction dépasse les 350 kg. L'iliofémoral a la forme d'un Y renversé. Son faisceau supérieur empêche la rotation externe et l'adduction de la cuisse; son faisceau inférieur empêche la rotation interne de la cuisse. Il est très résistant et comporte deux faisceaux (supérieur et inférieur). Le ligament ischiofémoral est un mince faisceau ligamenteux situé sur la face dorsale de l'articulation. Il empêche la rotation interne de la cuisse. Le ligament pubofémoral est situé sur la face antéro-inférieure de l'articulation et il est de forme triangulaire. C'est le plus faible des quatre et il entrave les mouvements d'abduction de la cuisse. Le ligament de la tête fémorale (ligament rond) prend naissance sur la fovea capitis et s'étale en trois faisceaux pour se fixer sur l'acétabulum. Ce ligament, propre à l'être humain, est très résistant et contribue à la vascularisation de la tête fémorale.

d) **Anatomie fonctionnelle** : flexion, extension, abduction, adduction, rotation interne et rotation externe.

Mouvements de la hanche

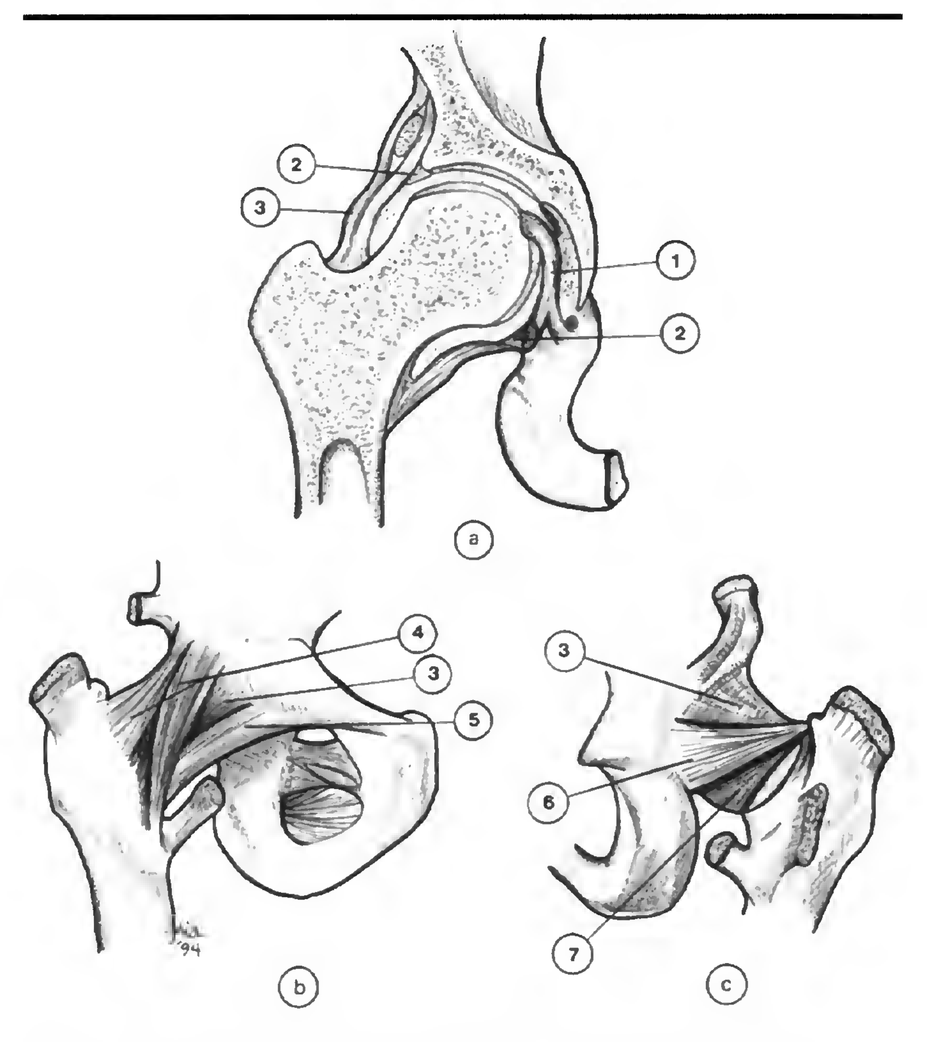
Plan sagittal

Un individu peut exécuter deux types de mouvements dans le plan sagittal : l'extension et la flexion (Figure 11.6). L'extension est le mouvement qui porte la région du genou vers l'arrière du plan frontal; son amplitude moyenne est de 10° à 15°. La flexion est le mouvement qui porte cette région à l'avant du plan frontal; son amplitude moyenne est de 120° si elle s'accompagne d'une flexion du genou. S'il y a extension du genou, la flexion de la cuisse dépasse difficilement 90° (Castaing, 1979d).

Plan frontal

On peut exécuter deux types de mouvement dans le plan frontal : l'abduction et l'adduction (Figure 11.7). L'abduction est le mouvement qui écarte la cuisse du plan

FIGURE 11.5 **Coupe frontale (a) et faces antérieure (b) et postérieure (c) de l'articulation coxofémorale**



1. Ligament de la tête fémorale; 2. Labrum acétabulaire; 3. Capsule articulaire; 4. Ligament iliofémoral; 5. Ligament pubofémoral; 6. Ligament ischiofémoral; 7. Zone orbiculaire.

sagittal; l'amplitude moyenne est de 45°. L'adduction est le mouvement qui porte la cuisse vers l'intérieur (médialement). Son amplitude moyenne est de 30°. Il est impossible d'étudier l'adduction pure. On mesure l'amplitude d'un mouvement en combinant à l'adduction une légère flexion vers l'avant.

Plan horizontal

On peut exécuter deux types de mouvements dans le plan horizontal : la rotation externe et la rotation interne (Figure 11.8). La rotation externe (ou rotation latérale) est le mouvement qui porte la pointe du pied à l'extérieur (latéralement). L'amplitude moyenne est de 30°. La rotation interne (ou rotation médiale) est le mouvement qui

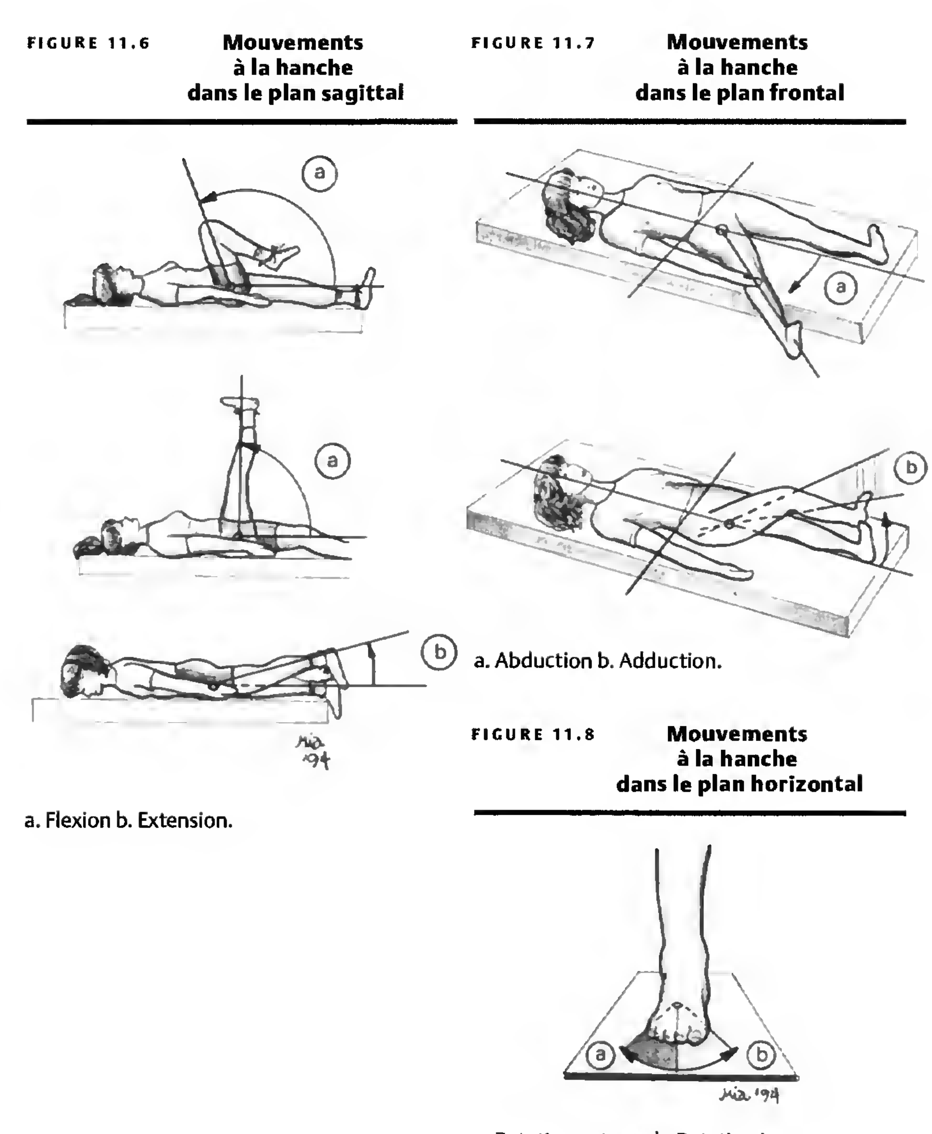


FIGURE 11.6 **Mouvements à la hanche dans le plan sagittal**

a. Flexion b. Extension.

FIGURE 11.7 **Mouvements à la hanche dans le plan frontal**

a. Abduction b. Adduction.

FIGURE 11.8 **Mouvements à la hanche dans le plan horizontal**

a. Rotation externe b. Rotation interne.

porte la pointe du pied à l'extérieur (médialement) ; son amplitude moyenne est de 45°. Si la hanche est en extension, la rotation interne est plus grande et la rotation externe est plus faible. Si la hanche est en flexion, la rotation externe est plus grande.

Facteurs

Les mouvements de la hanche sont influencés par plusieurs facteurs.

a) Mouvements actifs ou passifs : la flexion active est de 120° et la flexion passive peut atteindre 140°.

b) Âge : la hanche d'un jeune enfant est beaucoup plus souple que celle d'un vieillard. À l'âge de 2 ans, l'extension passive est de 40° et à l'âge de 40 ans, elle n'est plus que de 5° à 10°.

c) Sexe : la hanche de la femme est plus souple que celle de l'homme.

d) **Race** : la hanche des Asiatiques est plus souple que celle des Européens.

e) Épaisseur des parties molles.

f) Élasticité ligamentaire.

Muscles agissants de la hanche

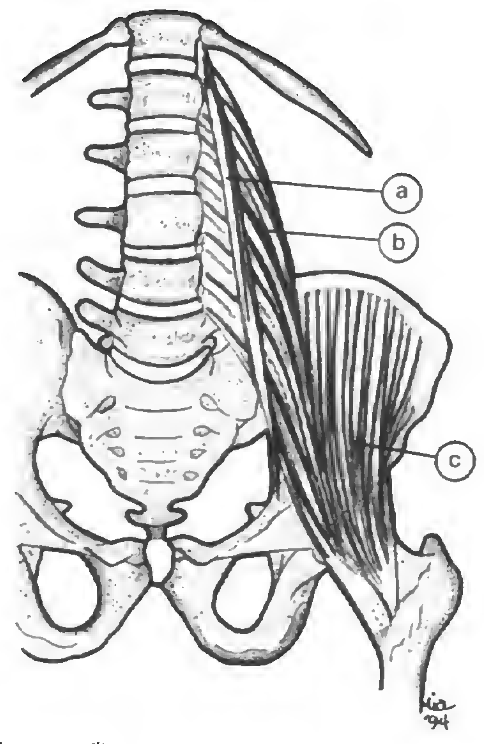
Vingt-deux muscles agissent sur l'articulation de la hanche (Rasch et Burke, 1978 ; Wells, 1971).

Psoas (*psoas*)

Muscle antérieur, impalpable, charnu et allongé (Figure 11.9), il est tendu de la colonne lombale à l'épiphyse proximale du fémur. Ordinairement, on le nomme grand psoas pour le distinguer du petit psoas. Le petit psoas est présent une fois sur deux chez l'homme. Le grand psoas mesure environ 41 cm de longueur. Il est souvent jumelé avec l'iliaque et on le nomme alors psoasiliaque.

a) **Origine :** face latérale des corps des vertèbres lombales et de T12, de leurs disques et des processus costiformes des vertèbres lombales.

FIGURE 11.9



a. Petit psoas ; b. Grand psoas ; c. Iliaque.

b) **Terminaison** : petit trochanter du fémur.

c) **Action** : fléchisseur et rotateur externe de la cuisse.

d) **Innervation** : rameaux du plexus lombal.

Iliaque (*iliacus*)

Muscle antérieur, impalpable, triangulaire et large (Figure 11.9) ; il est tendu de l'os coxal au fémur.

a) **Origine** : face interne de la crête iliaque, fosse iliaque et partie de l'aile du sacrum et de l'articulation sacro-iliaque.

b) **Terminaison** : petit trochanter du fémur.

c) **Action** : fléchisseur et rotateur externe de la cuisse.

d) **Innervation** : rameaux du nerf fémoral.

Sartorius (*sartorius*)

Muscle superficiel et biarticulaire (palpable) de la face antérieure de la cuisse; il est tendu de l'épine iliaque antérosupérieure à l'extrémité proximale du tibia (Figure 11.10). C'est le muscle le plus long du corps et celui qui possède les plus longues fibres. Il permet au membre inférieur d'adopter la position assise en tailleur.

a) **Origine** : épine iliaque antérosupérieure.

b) **Terminaison** : bord interne de la tubérosité tibiale.

c) **Action** : aide à la flexion, à l'abduction et à la rotation externe de la cuisse.

d) **Innervation** : nerf fémoral.

Droit de la cuisse (*rectus femoris*)

C'est le chef superficiel du muscle quadriceps fémoral (Figure 11.11). Situé sur la face antérieure de la cuisse; il est polyarticulaire. C'est un muscle bipenné et palpable.

a) **Origine** : épine iliaque antéro-inférieure et partie de l'acétabulum.

b) **Terminaison** : base et bords latéraux de la patella; tubérosité du tibia pour le ligament patellaire.

c) **Action** : fléchisseur de la cuisse, il aide aussi à l'abduction de la cuisse.

d) **Innervation** : nerf fémoral.

Pectiné (*pectineus*)

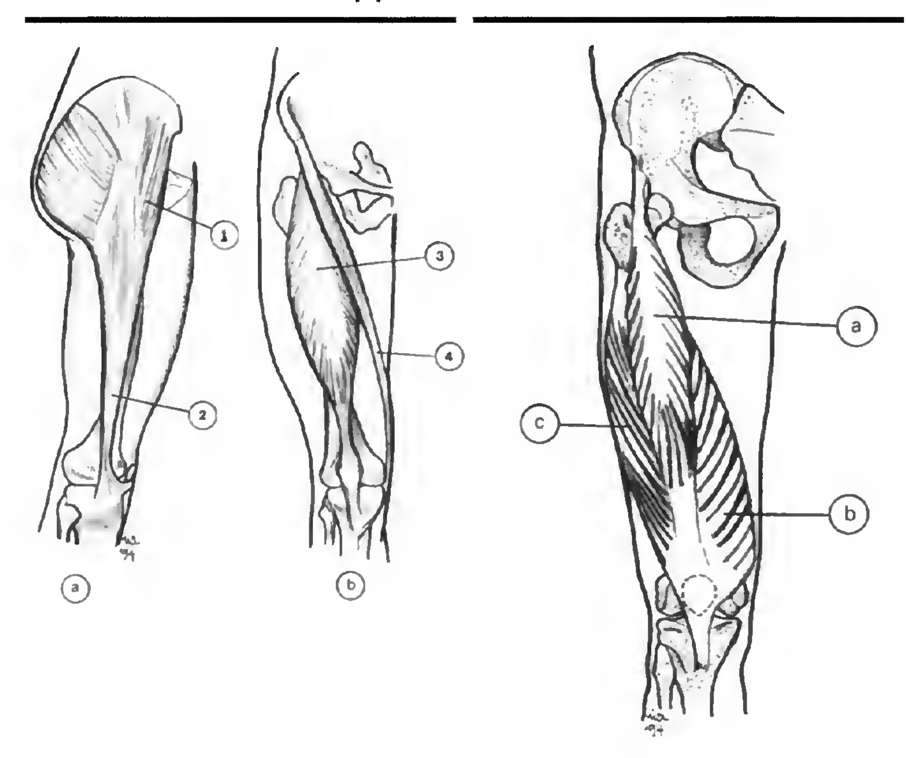
Muscle palpable de la région médiale de la cuisse entre le pubis et le fémur (Figure 11.12) ; il est quadrilatère.

a) **Origine** : au-dessus du trou obturateur, sur le tubercule du pubis.

b) **Terminaison** : ligne pectinée du fémur sur la face postérieure.

FIGURE 11.10 **Faces latérale (a) et antérieure (b)**

FIGURE 11.11 **Muscle quadriceps fémoral**



1. Muscle tenseur du fascia lata ; 2. Tractus iliotibial ; 3. Muscle droit de la cuisse ; 4. Muscle sartorius.

a. Muscle droit de la cuisse ; b. Vaste médial ; c. Vaste latéral.

c) **Action** : fléchisseur et adducteur de la cuisse, il aide aussi à la rotation interne.

d) **Innervation** : le nerf fémoral et accessoirement le nerf obturateur.

Tenseur du Fascia Lata (*tensor fasciæ latæ*)

Muscle antérieur et palpable de la région glutéale ; il est tendu de l'épine iliaque antérosupérieure au tractus iliotibial du fascia lata (Figure 11.10).

a) **Origine** : épine iliaque antérosupérieure.

b) **Terminaison** : tractus iliotibial du fascia lata.

c) **Action** : contribue à la flexion, à l'abduction et à la rotation interne de la cuisse. Ce muscle aide à diriger le pied vers l'avant, dans la marche et dans la course.

d) **Innervation** : nerf glutéal supérieur.

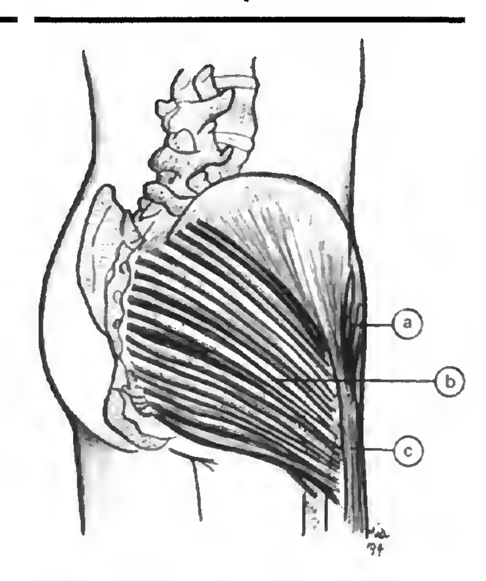
Grand fessier ou grand glutéal (*gluteus maximus*)

Muscle postérieur, palpable et superficiel de la région glutéale (Figure 11.13) ; il est épais, large et de forme rhomboïdale. Il a deux portions : l'une, superficielle, et l'autre, profonde.

FIGURE 11.12 **Face antérieure du muscle pectiné**



FIGURE 11.13 **Face postérolatérale**



a. Muscle tenseur du fascia lata ; b. Muscle grand fessier ; c. Tractus iliotibial.

a) **Origine** : cinquième postérieur de la crête iliaque, face externe de l'ilium à l'arrière de la ligne glutéale postérieure et crête sacrale latérale.

b) **Terminaison** : tractus iliotibial du fascia lata et tubérosité glutéale du fémur.

c) **Action** : extenseur et rotateur externe de la cuisse. Le muscle grand fessier est un extenseur très puissant qui entre en action quand on court ou que l'on monte un escalier. Il est inactif dans la marche d'un pas normal.

d) **Innervation** : nerf glutéal inférieur.

Biceps fémoral (*biceps femoris*)

Muscle palpable de la région postérieure latérale de la cuisse ; il est tendu, de la tubérosité ischiatique et de celle du fémur, jusqu'au fibula (Figure 11.14). Il est constitué de deux chefs : le long et le court. Le chef long est biarticulaire. Le chef court est uniarticulaire et peut faire défaut.

a) **Origine** : le chef long a son origine sur la tubérosité ischiatique ; le chef court a la sienne sur la ligne âpre du fémur, dans sa moitié distale.

b) **Terminaison** : tête du fibula et condyle latéral du tibia.

c) **Action** : extenseur de la cuisse, le chef long contribue à la rotation externe de la cuisse.

d) **Innervation** : rameaux du nerf ischiatique.

Semitendineux (*semitendinosus*)

Muscle unipenné de la région postérieure de la cuisse ; il est tendu de la tubérosité ischiatique au tibia (Figure 11.15). Il est palpable et biarticulaire.

a) **Origine** : tubérosité ischiatique.

b) **Terminaison** : bord interne de la tubérosité tibiale.

c) **Action** : extenseur et rotateur interne de la cuisse. Muscle en jeu dans la marche d'un pas normal.

d) **Innervation** : rameau du nerf ischiatique.

Semimembraneux (*semimembranosus*)

Muscle unipenné de la région postérieure de la cuisse ; il est tendu de la tubérosité ischiatique jusqu'au tibia (Figure 11.15). Il est palpable et biarticulaire. Il peut faire défaut ou être fusionné avec le semitendineux.

a) **Origine** : tubérosité ischiatique.

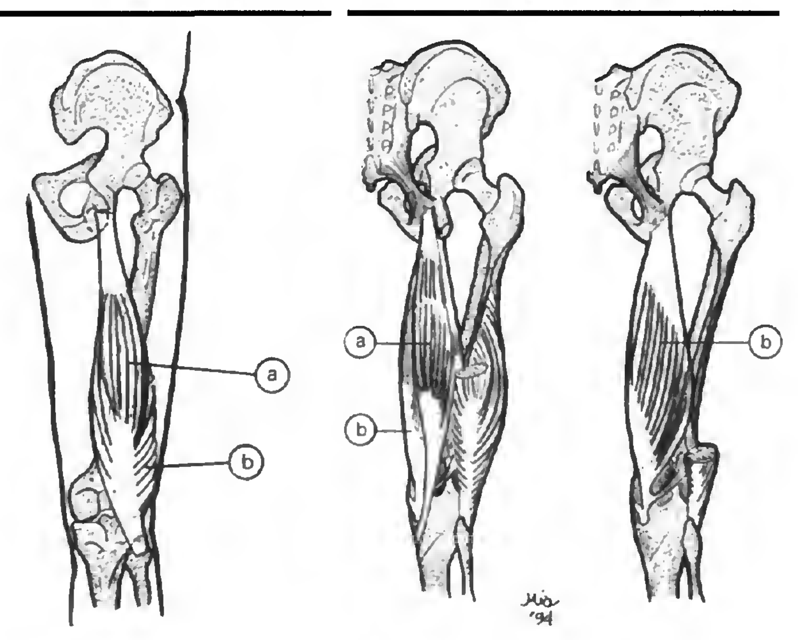
b) **Terminaison** : face postérieure du condyle médial du tibia. Forme la patte d'oie profonde par son insertion trifide.

c) **Action** : extenseur et rotateur interne de la cuisse.

d) **Innervation** : rameau du nerf ischiatique.

FIGURE 11.14 Face postérieure du muscle biceps fémoral

FIGURE 11.15 Faces postérieures



a. Chef long ; b. Chef court.

a. Muscle semitendineux ; b. Muscle semimembraneux.

Moyen fessier ou moyen glutéal (*gluteus medius*)

Muscle profond de la région glutéale; il est tendu de l'aile de l'ilium jusqu'au grand trochanter (Figure 11.16). Il est palpable.

a) **Origine** : face externe de l'aile de l'ilium, entre la crête iliaque et les lignes glutéales antérieure et postérieure.

b) **Terminaison** : face externe du grand trochanter.

c) **Action** : abducteur de la cuisse. Muscle sollicité dans la danse.

d) **Innervation** : nerf glutéal supérieur.

Petit fessier ou petit glutéal (*gluteus minimus*)

Muscle impalpable et profond de la région glutéale, en forme d'éventail; il est tendu de l'aile de l'ilium jusqu'au grand trochanter (Figure 11.17).

a) **Origine** : face externe de l'aile de l'ilium, devant la ligne glutéale antérieure.

b) **Terminaison** : sommet du grand trochanter.

c) **Action** : rotateur interne de la cuisse, il contribue à l'abduction de la cuisse.

d) **Innervation** : nerf glutéal supérieur.

Gracile (*gracilis*)

Muscle de la région médiale de la cuisse; il est tendu du pubis jusqu'à la tubérosité tibiale (Figure 11.18). Il est palpable et biarticulaire.

FIGURE 11.16 **Face latérale du muscle moyen fessier**

FIGURE 11.17 **Face latérale du muscle petit fessier**

a) **Origine** : branche inférieure du pubis, le long de la symphyse pubienne.

b) **Terminaison** : bord médial de la tubérosité tibiale.

c) **Action** : adducteur de la cuisse, il contribue à la flexion. Sollicité en équitation et dans les mouvements des membres inférieurs à la brasse.

d) **Innervation** : nerf obturateur.

Long adducteur (*adductor longus*)

Muscle palpable et triangulaire de la région médiale de la cuisse ; il est tendu du pubis au fémur (Figure 11.19).

a) **Origine** : angle des branches supérieure et inférieure du pubis, sous le tubercule du pubis.

b) **Terminaison** : tiers moyen de la lèvre médiale de la ligne âpre.

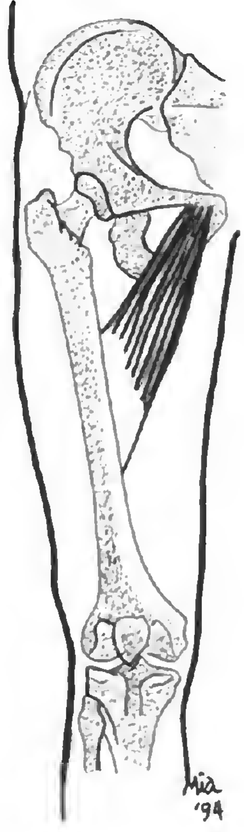
c) **Action** : adducteur de la cuisse, il contribue à la flexion.

d) **Innervation** : nerf obturateur.

FIGURE 11.18 Face antérieure du muscle gracile



FIGURE 11.19 Face antérieure du muscle long adducteur



Court adducteur (*adductor brevis*)

Muscle impalpable et triangulaire de la région médiale de la cuisse ; il est tendu du pubis jusqu'au fémur (Figure 11.20).

a) **Origine :** branche inférieure du pubis, près du foramen obturé.
b) **Terminaison :** tiers proximal de la lèvre médiale de la ligne âpre.
c) **Action :** adducteur de la cuisse, il contribue à la flexion.
d) **Innervation :** nerf obturateur.

Grand adducteur (*adductor magnus*)

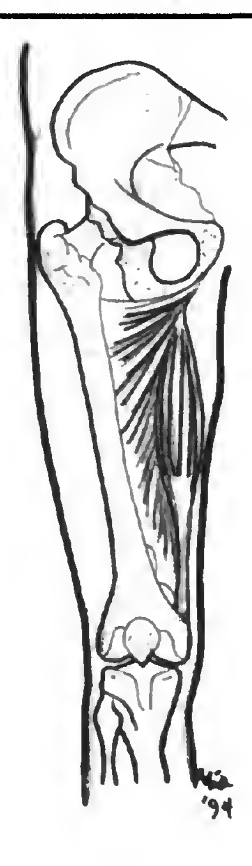
Muscle palpable et triangulaire de la région médiale de la cuisse ; il est tendu de l'ischium jusqu'au fémur (Figure 11.21). C'est le plus grand des adducteurs.

a) **Origine :** branche de l'ischium, branche inférieure du pubis et bord inférieur de la tubérosité ischiatique.
b) **Terminaison :** deux tiers proximaux de la lèvre médiale de la ligne âpre et épicondyle médial du fémur.
c) **Action :** adducteur de la cuisse. Muscle sollicité en équitation et à la brasse.
d) **Innervation :** nerf obturateur.

FIGURE 11.20 **Face antérieure du muscle court adducteur**



FIGURE 11.21 **Face antérieure du muscle grand adducteur**



Six rotateurs externes

Petits muscles impalpables, postérieurs et profonds de la région glutéale, ils agissent sur la cuisse dont ils permettent la rotation externe. Ils portent aussi le nom de muscles ventraux de la hanche. Ces muscles qui jouent un rôle important dans le maintien de l'équilibre du corps sont sollicités au baseball (lanceur et frappeur). Le triceps de la hanche est formé des muscles obturateur interne, jumeau supérieur et jumeau inférieur.

a) **Piriforme** (***piriformis***) : du sacrum jusqu'au grand trochanter.

b) **Obturateur externe** (***obturator externus***) : du pourtour du foramen obturé jusqu'au grand trochanter.

c) **Obturateur interne** (***obturator internus***) : de la face interne de l'os coxal jusqu'au grand trochanter. Puissant rotateur.

d) **Jumeau supérieur** (***gemellus superior***) : satellite du muscle obturateur interne.

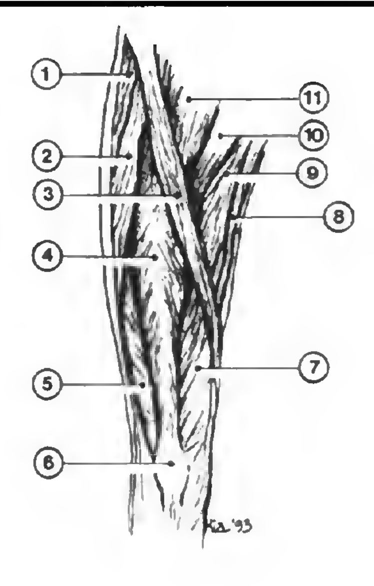
e) **Jumeau inférieur** (***gemellus inferior***) : satellite du muscle obturateur interne.

f) **Carré fémoral** (***quadratus femoris***) : de la tubérosité ischiatique jusqu'au fémur. Puissant rotateur.

Les Figures 11.22 et 11.23 illustrent les muscles agissants de la cuisse (fémur).

Le Tableau 11.2 récapitule les différentes fonctions des muscles agissants de l'articulation de la hanche.

FIGURE 11.22 **Muscles antérieurs de la cuisse**



1. Moyen fessier; 2. Tenseur du fascia lata; 3. Sartorius; 4. Droit de la cuisse; 5. Vaste latéral; 6. Ligament patellaire; 7. Vaste médial; 8. Gracile; 9. Long adducteur; 10. Pectiné; 11. Psoasiliaque.

FIGURE 11.23 **Muscles postérieurs de la cuisse**

1. Grand adducteur; 2. Gracile; 3. Semimembraneux; 4. Semitendineux; 5. Sartorius; 6. Biceps fémoral; 7. Tractus iliotibial; 8. Grand fessier; 9. Moyen fessier.

TABLEAU 11.2 **Muscles de l'articulation de la hanche**

Muscles / Mouvements de la cuisse	Flexion	Extension	Abduction	Adduction	Rotation interne	Rotation externe
Psoas (*psoas*)	P					A
Iliaque (*iliacus*)	P					A
Sartorius (*sartorius*)	A		A			A
Droit de la cuisse (*rectus femoris*)	P		A			
Pectiné (*pectineus*)	P			A		
Tenseur du fascia lata (*tensor fasciæ latæ*)	A		A			
Grand fessier (*gluteus maximus*)		P				P
Biceps fémoral (long chef) (*biceps femoris*)		P				A
Semitendineux (*semitendinosus*)		P			A	
Semimembraneux (*semimembranosus*)		P			A	
Moyen fessier (*gluteus medius*)			P			
Petit fessier (*gluteus minimus*)			A		P	
Gracile (*gracilis*)	A			P		
Long adducteur (*adductor longus*)	A			P		
Court adducteur (*adductor brevis*)	A			P		
Grand adducteur (*adductor magnus*)	A			P		
Les six rotateurs externes						P

P : muscle principal
A : muscle auxiliaire

Lésions des régions de la ceinture pelvienne et de la cuisse

1. Lésions de la ceinture pelvienne

A. Fractures de la ceinture pelvienne

Les fractures de la ceinture pelvienne sont fréquentes, mais cependant rares chez les sportifs. Elles résultent le plus souvent d'un traumatisme violent et peuvent s'accompagner de lésions des organes internes du bassin.

B. Fractures de l'acétabulum

Fréquentes, elles entraînent une atteinte de l'articulation coxofémorale. De ce fait, leur traitement est difficile et il n'est pas rare qu'en découle une arthrose post-traumatique.

C. Ostéite pubienne

L'inflammation de la symphyse pubienne est habituellement causée par des microtraumatismes répétés du bassin (face antérieure). Elle peut toucher les joueurs de soccer et se manifester par une douleur dans la partie interne de l'aine, accompagnée d'enflure.

2. Blessures de l'articulation de la hanche

A. Luxatian cangénitale de la hanche

La luxation congénitale de la hanche est une malformation caractérisée par le déplacement de la tête fémorale dans l'acétabulum de l'os coxal. Son dépistage est obligatoire à la naissance. Cette affection peut être diagnostiquée plus tard, à l'âge où l'enfant se met à marcher; elle se signale alors par l'apparition d'une claudication.

B. Luxation traumatique de la hanche

Le déplacement brutal de la tête fémorale (habituellement vers l'arrière de sa cavité) est toujours dû à un choc très violent (accident de la circulation, par exemple). Il faut réduire d'urgence cette luxation pour limiter le risque de nécrose de la tête fémorale.

3. Traumatismes et déformations du fémur

A. Fractures du cal du fémur

Elles touchent essentiellement les femmes âgées, à la suite d'un traumatisme mineur. L'ostéoporose (raréfaction du tissu osseux) y prédispose. La douleur est très vive, la marche impossible. Elles sont rares chez les sportifs et les sportives.

B. Fractures de l'extrémité inférieure du fémur

Elles sont graves, surtout lorsqu'elles lèsent les surfaces articulaires. Il peut en résulter une raideur définitive du genou (si la rééducation n'est pas entreprise rapidement) ou une arthrose du genou.

C. Inflammatian du grand trachanter du fémur (trochantérite)

Sur l'extrémité supéro-externe du fémur s'insère une partie du muscle grand fessier. Un état d'irritation inflammatoire peur survenir au niveau de cette insertion musculaire. Ce genre de lésion atteint, par exemple, les habitués de cross-country et de course d'orientation.

D. Inflammation d'une baurse synoviale sur la face externe de l'extrémité supéro-externe du fémur

Sur la face externe de la partie supéro-externe du fémur, en regard du fascia lata, se situe une bourse synoviale superficielle. Entre le tendon du muscle moyen fessier et la partie latérale postérieure de l'extrémité supéro-externe (grand trochanter) du fémur, une bourse synoviale est profondément enfouie. Lorsqu'on fait une chute sur

la hanche, lorsqu'on reçoit un coup contre la hanche ou dans des situations analogues, la bourse synoviale superficielle peut être le site d'une hémorragie (hémobourse). Une importante hémorragie peut parfois être un milieu favorable à la formation d'un caillot sanguin.

E. Coxa plana (maladie de Perthes)

Aplatissement de la tête fémorale. La coxa plana est une séquelle d'une affection osseuse, la maladie de Legg-Perthes-Calvé. Dans l'évolution de cette maladie, qui atteint le plus souvent les enfants âgés de 5 à 10 ans, la tête fémorale en voie de croissance est le site d'une nécrose d'origine vasculaire qui la fragilise. La cause du mal est inconnue.

F. Coxa valga

Déformation de l'extrémité supérieure du fémur, caractérisée par une ouverture excessive de l'angle cervicodiaphysaire (angle formé par le col du fémur et la diaphyse). La coxa valga peut être congénitale (et associée, par exemple, à une luxation congénitale de la hanche) ou acquise (à la suite d'une fracture du col du fémur).

G. Coxa vara

Déformation de l'extrémité supérieure du fémur, caractérisée par la fermeture de l'angle cervicodiaphysaire. La coxa vara peut être congénitale ou acquise (à la suite d'une fracture du col du fémur ou d'une affection de l'enfance, l'épiphysiolyse de la tête du fémur).

4. Lésions musculaires agissant sur l'articulation coxofémorale

A. Muscle psoasiliaque (fléchisseur de la hanche)

Le muscle psoasiliaque est sans conteste le muscle fléchisseur le plus puissant de l'articulation de la hanche. Une inflammation du muscle psoasiliaque peut survenir dans le cadre de divers exercices : entraînement musculaire avec barre à disques, au passage de la position accroupie à la station debout; course à pied en montée; entraînement intensif de tirs au but au soccer, pratique du badminton; saut en longueur et en hauteur; courses d'obstacles (haies et steeple, etc.). Derrière le muscle psoasiliaque loge une bourse synoviale qui peut devenir le site de pareille inflammation.

Les ruptures du muscle psoasiliaque sont rares; quand elles surviennent, elles se situent au niveau de l'insertion du tendon du muscle (sur le fémur).

B. Muscle droit de la cuisse (fléchisseur de la hanche)

Le muscle droit de la cuisse fléchit l'articulation de la hanche et étend l'articulation du genou. Au cours d'un entraînement intensif de tirs au but au soccer, de départs rapides répétés, ou de musculation, une douleur peut se manifester juste à l'avant de l'articulation de la hanche.

Les douleurs à l'aine peuvent être causées par une rupture du muscle droit de la cuisse à son origine (épine iliaque antéro-inférieure) ou dans son tiers supérieur. Une rupture peut survenir au moment de tirs au but et de tacles au soccer, ou lors des démarrages rapides en général.

C. Muscles ischio-jambiers (extenseurs de la hanche)

Les ruptures des muscles ischio-jambiers de la cuisse sont habituellement la conséquence d'une surcharge. Les sprinteurs, les coureurs de demi-fond, les sauteurs, les joueurs de tennis et de badminton peuvent en souffrir.

D. Muscles adducteurs de la hanche

Les muscles adducteurs de l'articulation de la hanche sont nombreux, mais c'est surtout le muscle long adducteur qui est atteint chez les sportifs. Une surcharge peut léser ce muscle surtout quand elle s'associe, par exemple, à une frappe latérale de ballon au soccer, à un dur entraînement à la course à pied ou au patinage de vitesse. Cet état pathologique est cependant aussi fréquent chez les joueurs de soccer et de hockey sur glace, les skieurs, les haltérophiles, les coureurs de haies, les sauteurs en hauteur, etc. Les premières manifestations pathologiques sont insidieuses si la surcharge s'associe, par exemple, à des périodes d'entraînement intensif. La douleur peut souvent se localiser à l'origine (pubis) du muscle, puis irradier sur la face interne de l'aine.

Les ruptures totales des muscles adducteurs se produisent fréquemment au niveau de leur insertion sur le fémur, mais elles peuvent également survenir à l'origine du muscle sur le pubis ; les ruptures partielles se produisent habituellement dans le muscle lui-même, ou à son origine sur le pubis. Une rupture du muscle long adducteur peut survenir lorsque le muscle qui porte le membre inférieur vers l'intérieur est mis en tension et surchargé, par exemple lorsqu'au soccer un joueur porte un coup sur le ballon avec l'intérieur du pied ou lorsqu'un adversaire contre son coup de pied par un tacle glissé ou un contre-pied.

E. Quadriceps fémoral

La lésion la plus courante du quadriceps fémoral est l'hématome, provoqué par un coup violent porté à la cuisse, qui se forme sous la peau au bout de quelques jours. Sans gravité, il se résorbe de lui-même. Très rarement, un processus de calcification de l'hématome s'ensuit, ce qui entraîne une perte de mobilité de la cuisse.

Le saviez-vous ?

1. L'angle cervicodiaphysaire (angle de flexion, angle d'inclinaison) est l'angle obtus que forment l'axe de la diaphyse et celui du col du fémur. Il est ouvert vers l'intérieur et mesure environ 145° chez l'enfant mais seulement 130° chez l'adulte. Chez le vieillard il est de 120°, et de 90° chez le rachitique. La stabilité

du fémur dépend grandement de cet angle. Plus l'angle est petit, plus grand est le risque d'une fracture du col du fémur.

2. L'angle de déclinaison du fémur (angle de torsion) est un angle formé par l'axe du col et l'axe transversal bicondylien du fémur. Il est ouvert vers l'intérieur et mesure environ 15° chez l'adulte. Si l'angle est grand, la jambe est tournée vers l'intérieur, s'il est petit ou nul, la jambe sera tournée vers l'extérieur.

3. La valeur angulaire de la tête fémorale est de 240°.

4. La valeur angulaire de l'acétabulum est de 180°.

5. Les muscles rotateurs externes de la hanche sont plus puissants que ses muscles rotateurs internes. Pour l'épaule, c'est l'inverse. Il en résulte que, dans la position normale du membre inférieur, la pointe du pied est légèrement tournée vers l'extérieur, ce qui assure au corps une meilleure surface d'appui.

6. Le grand écart s'exécute plus facilement s'il y a flexion à la hanche : la flexion desserre en effet le système ligamentaire de cette articulation.

7. La fonction principale de la hanche, dans la vie courante, est de permettre de marcher, de s'asseoir et de se relever, de monter ou de descendre les escaliers, et de courir. Tous ces mouvements sont difficiles pour une personne qui a une hanche pathologique.

CHAPITRE 12

Jambe

Os de la jambe

Le squelette de la jambe est formé de trois os dont le plus volumineux est le *tibia*, rectiligne et solide, placé sur la face médiale; la *fibula*, sur la face latérale de la jambe, est beaucoup plus étroit et élancé; la *patella*, os sésamoïde, prend place à l'avant de l'épiphyse inférieure du fémur (Kahle, Leonhardt et Platzer, 1988).

Tibia

Le tibia (du latin *tibia*, dont le sens propre est «flûte») est l'os médial de la jambe (Figure 12.1). Il supporte la masse de l'organisme que lui transmet le fémur. Cet os long s'articule à son sommet avec le fémur, sur sa face externe avec la fibula et à sa base avec le talus. Il comporte une épiphyse proximale volumineuse que surmontent deux proéminences articulaires déjetées vers l'arrière : les condyles médial et latéral. Son corps triangulaire est doté de trois faces (médiale, latérale, postérieure) et de trois bords (antérieur, médial et interosseux). L'extrémité proximale du bord antérieur forme une saillie, la tubérosité tibiale. L'épiphyse distale, moins volumineuse, se termine par un processus, la malléole médiale. Voici ses parties importantes.

a) Tubercule infracondylaire : petite tubérosité du versant antérieur du condyle latéral du tibia.

b) Condyle latéral : dépression articulaire ovalaire peu marquée, logée dans la partie latérale de l'extrémité proximale du tibia.

c) Condyle médial : dépression articulaire ovalaire marquée, logée dans la partie médiale de l'extrémité proximale du tibia.

d) Éminence intercondylaire : région intercondylaire proéminente de l'extrémité supérieure du tibia. Elle se subdivise en deux saillies : les tubercules intercondylaires médial et latéral.

e) Tubérosité : saillie irrégulière ovalaire sur la face antérieure de l'extrémité proximale du tibia. Elle surmonte le bord antérieur du tibia et le ligament patellaire s'y insère.

f) **Surface articulaire fibulaire** : surface articulaire ovalaire située sur la face postérieure du condyle latéral du tibia. Elle s'articule avec la tête de la fibula.

g) **Ligne du muscle soléaire** : crête rugueuse qui parcourt la partie supérieure de la face postérieure du tibia. Ligne oblique, à la base et à l'intérieur de laquelle s'insère le muscle soléaire.

h) **Incisure fibulaire** : gouttière verticale sur la face latérale de l'extrémité distale du tibia. L'extrémité inférieure de la fibula s'y insère.

i) **Malléole médiale** : tubérosité qui prolonge, à sa base, la partie médiale de l'épiphyse distale. Palpable sous la peau, elle s'articule sur sa face latérale avec le talus.

j) **Surface articulaire proximale du tibia (surface articulaire supérieure du tibia)** : région de la face supérieure des condyles du tibia. Elle est formée de deux facettes ovalaires que sépare une région intermédiaire, les aires intercondylaires.

Fibula

La fibula est l'os latéral et postérieur de la jambe (Figure 12.1). C'est un os long, grêle, dont le sommet s'articule avec le tibia et la base avec le tibia et le talus. La fibula comporte une épiphyse proximale formée d'une partie renflée, la tête, que supporte une portion rétrécie, le col. Elle a un corps triangulaire qu'on dirait tordu sur son axe ; elle est pourvue de trois faces (médiale, latérale et postérieure) et de trois bords (interosseux, antérieur et postérieur). Son épiphyse distale est volumineuse et constitue la malléole latérale. Voici ses parties importantes.

a) **Apex de la tête** : saillie osseuse arrondie qui surmonte la partie postérieure de la tête fibulaire.

b) **Surface articulaire de la tête** : facette articulaire, légèrement excavée, de la face supérieure et médiale de la tête fibulaire. Elle s'articule avec la surface articulaire fibulaire du tibia.

c) **Tête** : partie renflée de l'extrémité proximale de la fibula. Elle a un pourtour rugueux, une surface articulaire et une saillie arrondie, l'apex, la surmonte.

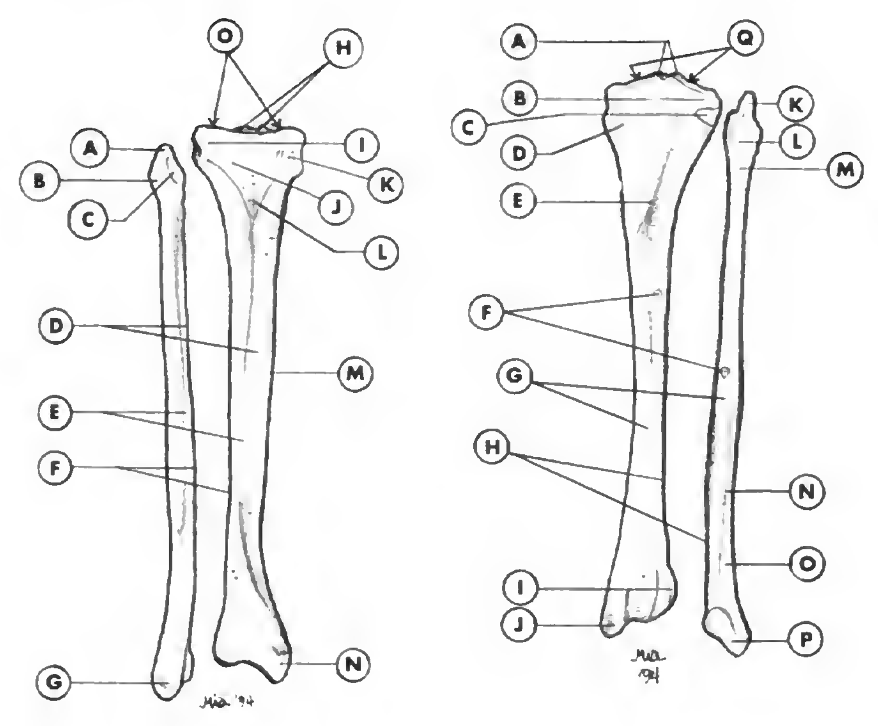
d) **Malléole latérale** : extrémité distale de la fibula. C'est une saillie volumineuse, aplatie transversalement, de forme lancéolée. Sa face médiale s'articule avec le tibia et le talus. La malléole latérale est plus basse que la malléole médiale et lui est postérieure.

e) **Col** : partie rétrécie de l'extrémité proximale de la fibula. Situé entre la tête et le corps de la fibula, le col est en rapport avec le nerf fibulaire commun.

Les deux os (tibia et fibula) sont fermement liés par une membrane interosseuse.

FIGURE 12.1 **Faces antérieures (1) et postérieures (2)**

1. Tibia (à droite) et fibula (à gauche) **2. Tibia (à gauche) et fibula (à droite)**



1.

A. Apex de la tête fibulaire ; B. Tête ; C. Surface articulaire de la tête fibulaire ; D. Faces médiales ; E. Bords antérieurs ; F. Bord interosseux ; G. Malléole latérale ; H. Éminence intercondylaire ; I. Condyle latéral ; J. Tubercule infracondylaire ; K. Condyle médial ; L. Tubérosité du tibia ; M. Bord médial ; N. Malléole médiale ; O. Surface articulaire proximale du tibia.

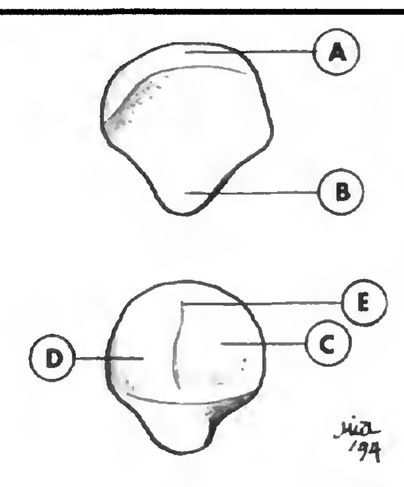
2.

A. Éminence intercondylaire ; B. Condyle latéral ; C. Surface articulaire fibulaire ; D. Condyle médial ; E. Ligne du muscle soléaire ; F. Trous nourriciers ; G. Faces postérieures ; H. Bords interosseux ; I. Incisure fibulaire ; J. Malléole médiale ; K. Apex de la tête fibulaire ; L. Tête ; M. Col ; N. Bord postérieur ; O. Face latérale ; P. Malléole latérale ; Q. Surface articulaire proximale du tibia.

Patella (rotule)

Petit os de la région antérieure du genou (Figure 12.2), la patella (os sésamoïde) est située dans le tendon du quadriceps fémoral et protège l'articulation du genou. La patella est aplatie et triangulaire et elle est dotée d'une face antérieure, saillante sous la peau, et d'une face postérieure. La face postérieure comporte une partie supérieure qui s'articule avec la surface patellaire du fémur et une partie inférieure non articulaire, située à l'arrière de l'apex. Sa base se trouve en position supérieure et son apex est localisé à son extrémité inférieure.

FIGURE 12.2 **Faces antérieure (en haut) et postérieure (en bas) de la patella**



A. Base; B. Apex; C. Surface articulaire latérale; D. Surface articulaire médiale; E. Crête patellaire.

Articulations de la jambe et du genou

L'articulation tibiofibulaire est une articulation de la jambe qui unit le tibia et la fibula. Elle comprend deux articulations : les articulations tibiofibulaires proximale et distale (Norkin et Levangie, 1992).

Articulation tibiofibulaire proximale

Articulation de la jambe qui unit les épiphyses proximales du tibia et de la fibula (Figure 12.3). C'est une articulation synoviale plane.

a) **Surfaces articulaires** : surface articulaire fibulaire du tibia et surface articulaire tibiale de la tête de la fibula.

b) **Capsule articulaire** : membrane fibreuse et synoviale.

c) **Ligaments** : ligament antérieur et ligament postérieur de la tête fibulaire.

d) **Anatomie fonctionnelle** : mouvements de glissement limités, liés aux déplacements de l'articulation tibiofibulaire distale.

Articulation tibiofibulaire distale (syndesmose tibiofibulaire)

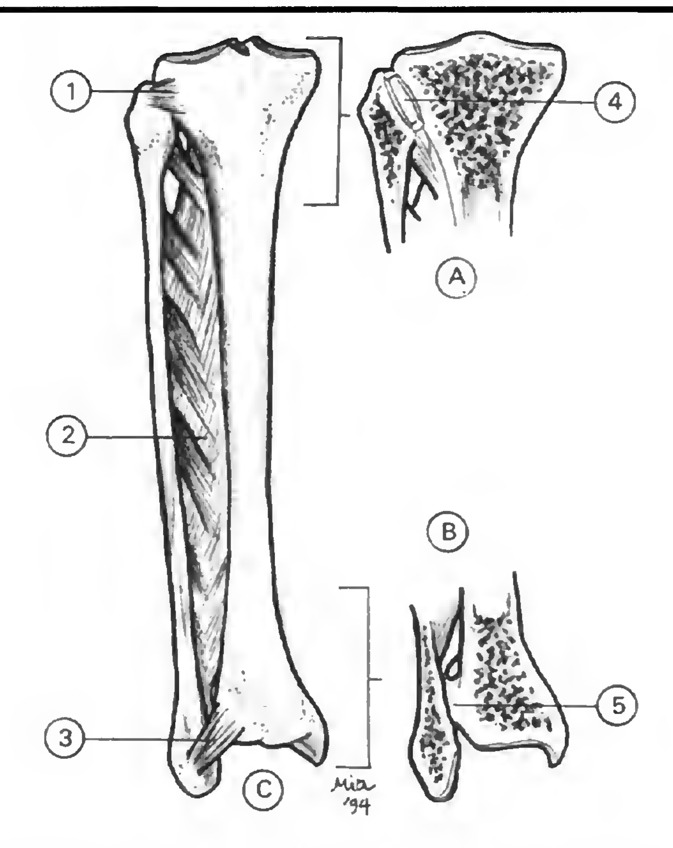
Articulation de la jambe qui unit les épiphyses proximales du tibia et de la fibula (Figure 12.3). C'est une articulation fibreuse de type syndesmose.

a) **Surfaces articulaires** : surface sans cartilage; la surface de la fibula et incisure fibulaire du tibia.

b) **Ligaments** : tibiofibulaire antérieur, tibiofibulaire postérieur et interosseux.

c) **Anatomie fonctionnelle** : déplacements transversaux, liés à la flexion du pied (la trochlée du talus écarte les deux épiphyses de 1 à 2 mm).

FIGURE 12.3 **Face antérieure (C) et coupe frontale des articulations tibiofibulaires proximale (A) et distale (B)**



1. Ligament antérieur de la tête fibulaire; 2. Membrane interosseuse de la jambe; 3. Ligament tibiofibulaire antérieur; 4. Cavité articulaire; 5. Ligament interosseux.

Articulation du genou

Articulation de la jambe qui unit le fémur, le tibia et la patella (Figure 12.4). C'est une articulation synoviale composée de deux articulations : l'articulation fémorotibiale, bicondylaire, et l'articulation fémoropatellaire, ginglyme. La cavité articulaire du genou est la plus volumineuse du corps humain.

a) **Surfaces articulaires** : surface patellaire du fémur, condyles du fémur, surfaces articulaires supérieures du tibia et surface articulaire de la patella.

b) **Capsule articulaire** : membrane fibreuse qui adhère au pourtour des ménisques et s'insère sur le fémur, le tibia, la patella et les bords non axiaux des ligaments croisés. La membrane synoviale est étendue et complexe.

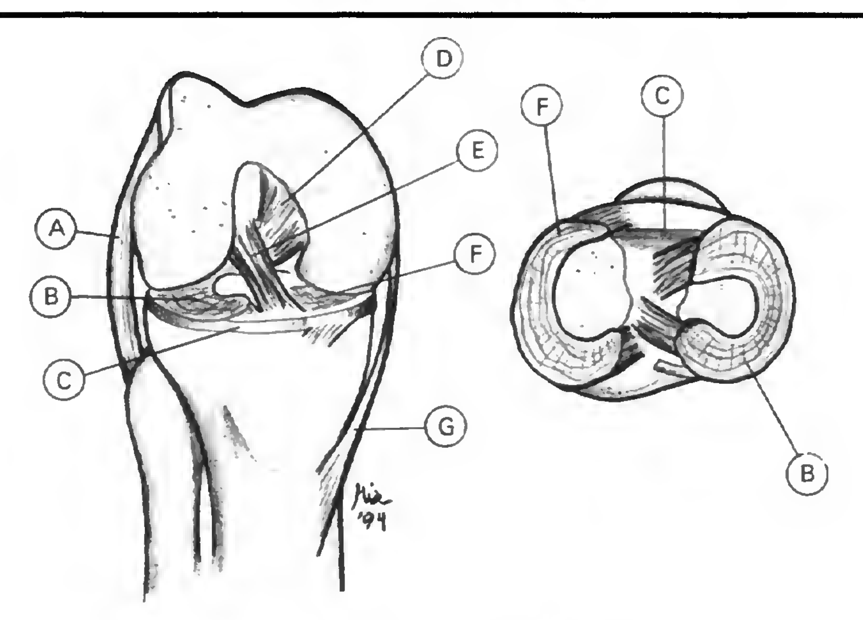
c) **Ligaments** : ligaments croisés antérieur et postérieur, ligament collatéral fibulaire, ligament collatéral tibial, ligament poplité oblique, ligament poplité arqué, ligament patellaire (5 cm de long) et rétinaculums patellaires médial et

latéral (ils renforcent la capsule articulaire et maintiennent les structures osseuses). Des ligaments fixent aussi les ménisques : le ligament méniscofémoral postérieur et le ligament transverse du genou. L'appareil ligamentaire médial du genou est beaucoup plus étendu et puissant que l'appareil ligamentaire latéral.

d) Anatomie fonctionnelle : flexion, extension et accessoirement rotations restreintes. Pendant la flexion, les ménisques glissent vers l'arrière. Pendant l'extension, les ménisques sont portés vers l'avant. Les ménisques sont très mal vascularisés.

Les ligaments collatéraux (fibulaire et tibial) empêchent les mouvements de rotation. Le ligament patellaire renforce la capsule à l'avant; il s'étend depuis la patella jusqu'à la tubérosité antérieure du tibia. Lorsque la jambe est en extension, le ligament croisé antérieur est tendu et empêche le fémur de glisser vers l'arrière (hyperextension). Lorsque la jambe est en flexion, le ligament croisé postérieur devient tendu et empêche le fémur de glisser vers l'avant. Les ligaments poplité oblique et poplité arqué renforcent l'articulation à l'arrière. Le ménisque latéral épouse la forme d'un « C » fermé; le ménisque médial, celle d'un « C » ouvert.

FIGURE 12.4 Face antérieure du genou fléchi (à gauche) et face supérieure des ménisques du genou (à droite)



A. Ligament collatéral fibulaire; B. Ménisque latéral; C. Ligament transverse du genou; D. Ligament croisé postérieur; E. Ligament croisé antérieur; F. Ménisque médial; G. Ligament collatéral tibial.

Mouvements de l'articulation du genou

Le genou est principalement le lieu de mouvements de flexion et d'extension. En flexion, il peut exécuter des rotations et même de légers écartements latéraux passifs (Castaing et Burdin, 1979).

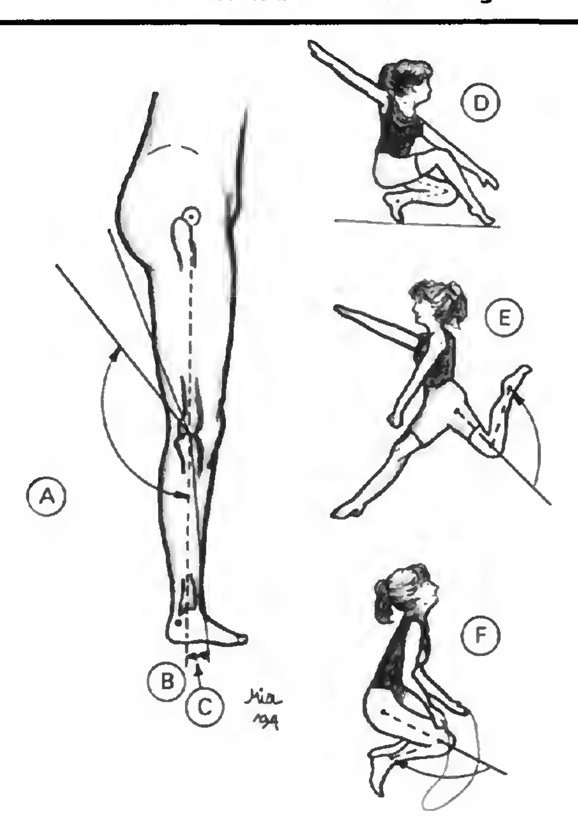
Flexion

Exceptionnellement, la flexion rapproche les faces postérieures du mollet et de la cuisse (Figure 12.5). L'amplitude de la flexion varie, selon qu'elle est active ou passive, et dépend de la position de la hanche. S'il y a flexion à la hanche, l'amplitude de la flexion au genou est d'environ 140° alors qu'elle n'est que de 120° lorsque la hanche est en position anatomique. L'amplitude de la flexion passive oscille entre 150° et 160° et elle est limitée par le contact des masses musculaires en présence.

Extension

En extension (position anatomique), tous les points de contact osseux (tête du fémur, condyles fémoraux, plateau tibial et talus) sont alignés dans le plan sagittal (Figure 12.5).

FIGURE 12.5 **Mouvements de l'articulation au genou**



A. Flexion ; B. Extension ; C. Hyperextension ; D. Flexion passive ; E. Flexion active ; F. Flexion active.

En hyperextension (au-delà de la position anatomique), vue de face, l'articulation semble être poussée vers l'arrière (genu recurvatum). On observe cette position chez les jeunes ; chez les adultes, son amplitude est de 0° à 5°.

Pour mesurer l'amplitude de la flexion et de l'extension chez un sujet, il faut que ce dernier soit couché sur le dos.

Rotations

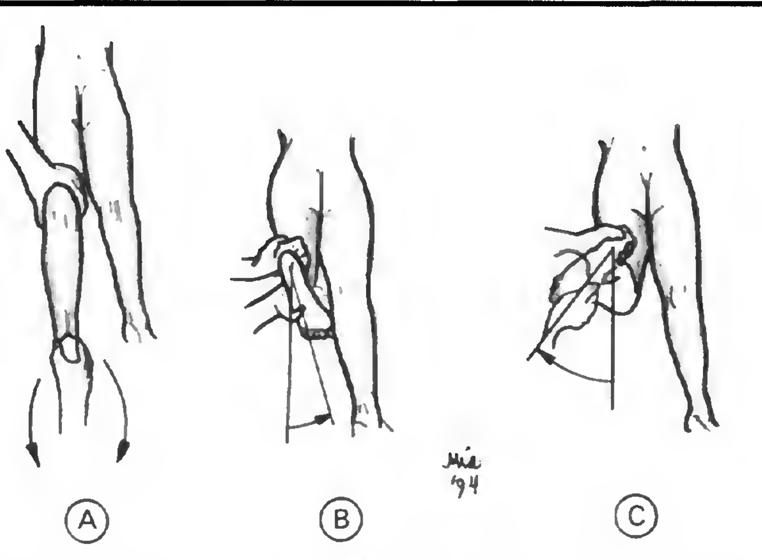
Les rotations de la jambe en position de flexion (en extension, les rotations sont nulles) sont soit médiales, soit latérales et elles s'exécutent activement (Figure 12.6). On peut également noter de faibles mouvements de latéralité dans cette position ; ces mouvements sont passifs parce que les ménisques les entravent.

Pour mesurer l'amplitude de latéralité et de rotation chez un sujet, il faut que ce dernier soit assis ou couché sur le ventre.

Variabilité

L'amplitude des mouvements ci-devant mentionnés varie beaucoup selon l'âge et le sexe des individus. Certains individus sont beaucoup plus souples que d'autres — jusqu'à 15° (genu recurvatum). C'est pourquoi, surtout dans tous les cas pathologiques, l'examinateur doit étudier les articulations des deux côtés du corps avant de poser un diagnostic. En général, chez un même individu, les mêmes articulations ont la même amplitude des deux côtés du corps.

FIGURE 12.6 **Mouvements rotatoires**



A. Avec jambe en extension (0°) ; B. Rotation interne avec genou fléchi ; C. Rotation externe avec genou fléchi.

Muscles de l'articulation du genou

Tous les mouvements de la jambe répondent aux commandes des muscles situés au niveau de la cuisse. Ces muscles de la cuisse se divisent en trois compartiments (ou loges) séparés par des aponévroses : ce sont les compartiments antérieur, postérieur et médian de la cuisse (Figure 12.7) (Rasch et Burke, 1978 ; Wells, 1971).

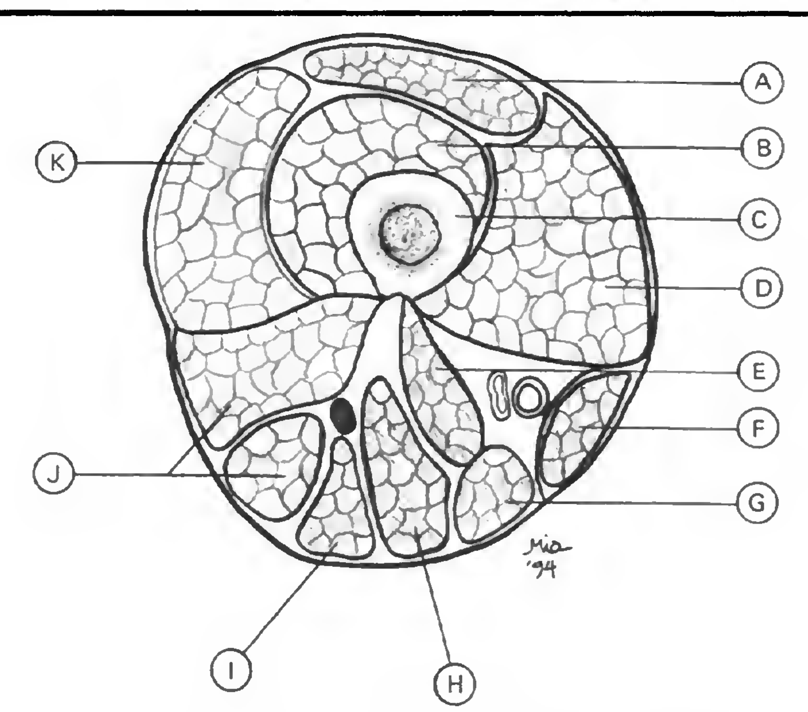
Le compartiment antérieur contient tous les muscles *extenseurs* de la jambe, dont le plus important est le quadriceps fémoral ; ces extenseurs sont innervés par le nerf fémoral.

Le compartiment postérieur regroupe les muscles ischiojambiers, responsables de la flexion : ce sont les *fléchisseurs* de la jambe, au niveau du genou, et ils sont innervés par le nerf sciatique.

Le compartiment médian englobe les cinq muscles qui relient le bassin à la partie médiale du fémur ; on les appelle adducteurs, parce qu'ils provoquent l'adduction du membre inférieur. Ces adducteurs sont innervés par le nerf obturateur.

L'articulation au genou subit l'influence de douze muscles qui forment trois groupes (Tableau 12.1). Le premier groupe est celui des muscles ischiojambiers (muscles de l'arrière-cuisse) qui sont le semimembraneux, le semitendineux et le biceps fémoral. Le deuxième groupe est celui du quadriceps fémoral qui se compose

FIGURE 12.7 **Coupe horizontale de la cuisse au niveau de sa partie moyenne**



A. Droit de la cuisse ; B. Vaste intermédiaire ; C. Fémur ; D. Vaste médial ; E. Grand adducteur ; F. Sartorius ; G. Gracile ; H. Semimembraneux ; I. Semitendineux ; J. Biceps fémoral ; K. Vaste latéral.

de quatre chefs : droit de la cuisse, vaste intermédiaire, vaste médial et vaste latéral. Ce groupe musculaire est habituellement deux fois plus puissant que celui des ischiojambiers. Le dernier groupe n'est pas classifié : il comprend les muscles sartorius, gracile, poplité, gastrocnémien et plantaire.

Le Tableau 12.1 récapitule les différentes actions des muscles agissants de la jambe.

Vaste latéral (*vastus lateralis*)

Chef latéral du muscle quadriceps fémoral (Figure 12.8), c'est un gros muscle bipenné et palpable qui donne à la cuisse son contour rondelé.

a) **Origine** : lèvre latérale de la ligne âpre (jusqu'au bord antérieur du grand trochanter).
b) **Terminaison** : tendon fixé à la base et sur le bord latéral de la patella.
c) **Action** : extenseur de la jambe.
d) **Innervation** : nerf fémoral.

Vaste médial (*vastus medialis*)

Chef médial du muscle quadriceps fémoral (Figure 12.8), c'est un muscle bipenné et palpable, couvert par le sartorius et le droit de la cuisse.

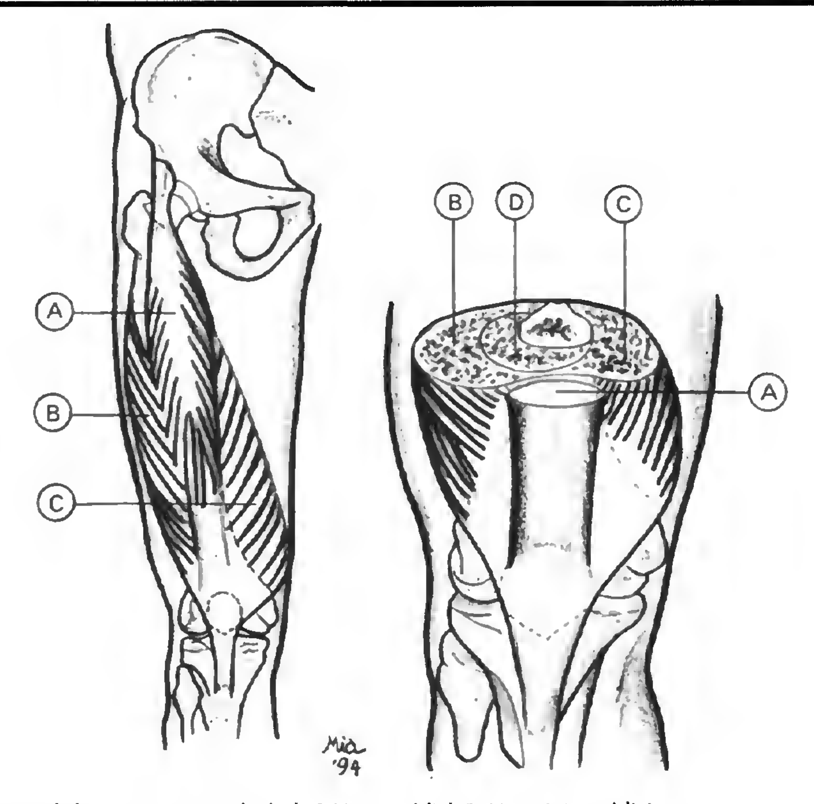
a) **Origine** : lèvre médiale de la ligne âpre.

TABLEAU 12.1 **Muscles de l'articulation du genou**

Muscles / Mouvements de la jambe	Flexion	Extension	Rotation interne	Rotation externe
Semitendineux (*semitendinosus*)	P		P	
Semimembraneux (*semimembranosus*)	P		P	
Biceps fémoral (*biceps femoris*)	P			P
Droit de la cuisse (*rectus femoris*)		P		
Vaste latéral (*vastus lateralis*)		P		
Vaste intermédiaire (*vastus intermedius*)		P		
Vaste médial (*vastus medialis*)		P		
Sartorius (*sartorius*)	A		A	
Gracile (*gracilis*)	A		A	
Poplité (*popliteus*)			P	
Gastrocnémien (*gastrocnemius*)	A			
Plantaire (*plantaris*)	A			

P : muscle principal
A : muscle auxiliaire

FIGURE 12.8 **Muscle quadriceps fémoral**



A. Droit de la cuisse; B. Vaste latéral; C. Vaste médial; D. Vaste intermédiaire.

b) **Terminaison** : tendon fixé à la base et au bord médial de la patella.

c) **Action** : extenseur de la jambe.

d) **Innervation** : nerf fémoral.

Vaste intermédiaire (*vastus intermedius*)

Chef profond du muscle quadriceps fémoral, il est situé entre les deux autres vastes. Il est impalpable.

a) **Origine** : face antérieure de la diaphyse fémorale.

b) **Terminaison** : tendon qui s'unit au tendon des vastes médial et latéral, pour se fixer sur la base de la patella.

c) **Action** : extenseur de la jambe.

d) **Innervation** : nerf fémoral.

Poplité (*popliteus*)

Muscle profond de la région postérieure du genou, il est tendu depuis le fémur jusqu'au tibia (Figure 12.9). Triangulaire, il décrit une ligne oblique vers le bas et

l'intérieur et croise l'articulation du genou. Il est impalpable. C'est le « rond pronateur » de la jambe.

a) **Origine** : épicondyle latéral du fémur.
b) Terminaison : face postérieure du tibia, au-dessus de la ligne du muscle soléaire.
c) Action : rotateur interne de la jambe.
d) Innervation : nerf tibial.

Les Figures 12.10 et 12.11 illustrent la totalité des muscles agissants de la jambe.

Lésions de la région de la jambe

1. Traumatismes et déformations au niveau du genou

A. Luxation du genou

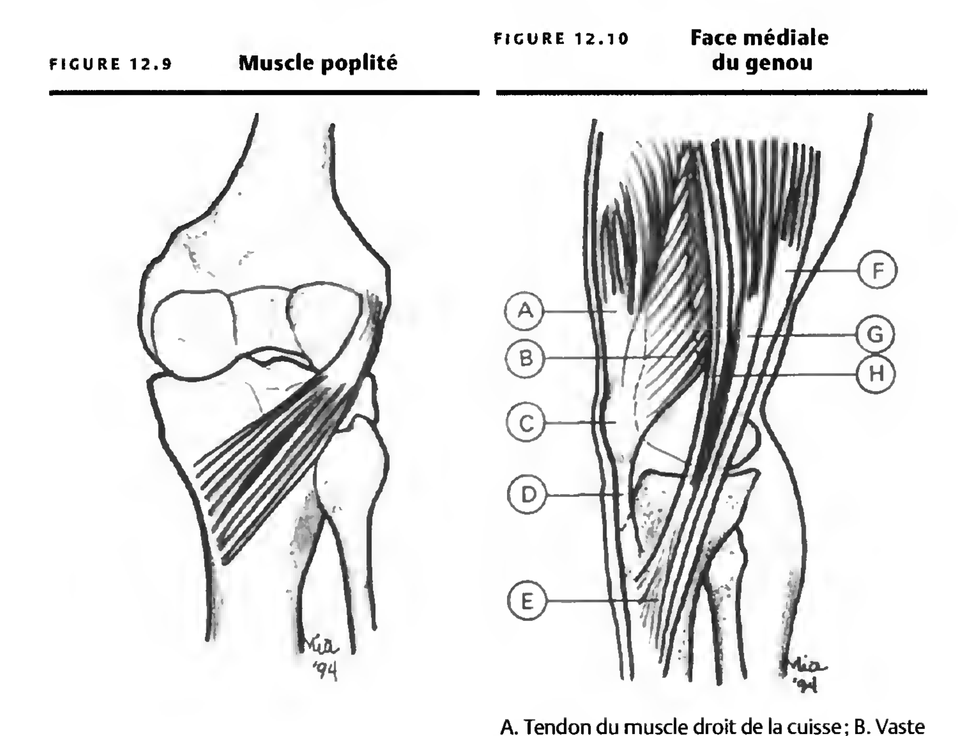
La luxation du genou se caractérise par la perte de contact entre les surfaces articulaires du fémur et du tibia; des lésions de l'artère poplitée et du nerf sciatique, qui sillonnent l'arrière de la région poplitée, sont possibles.

B. Entorses du genou

L'entorse du genou est une lésion des ligaments du genou; sa gravité va de la simple élongation (entorse bénigne) à la rupture complète (entorse grave). Elle est souvent

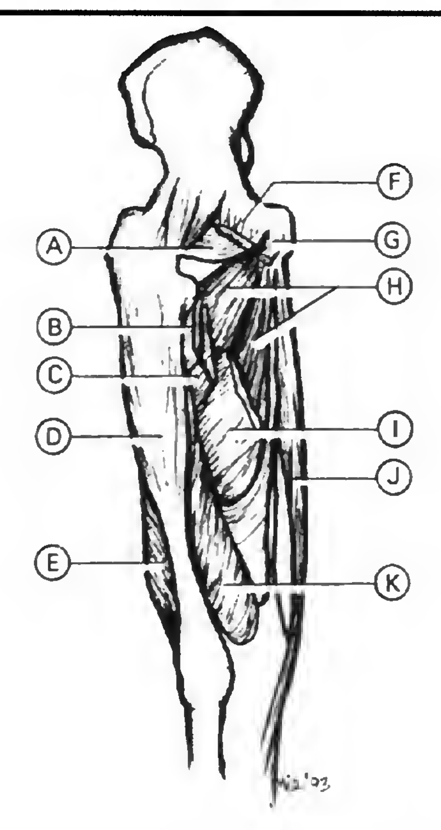
FIGURE 12.9 **Muscle poplité**

FIGURE 12.10 **Face médiale du genou**



A. Tendon du muscle droit de la cuisse; B. Vaste médial; C. Patella; D. Ligament patellaire; E. Patte d'oie; F. Muscle semitendineux; G. Muscle gracile; H. Muscle sartorius.

FIGURE 12.11 **Muscles antérieurs de la hanche et de la cuisse**



A. Obturateur externe ; B. Pectiné (section) ; C. Court adducteur (section) ; D. Droit de la cuisse ; E. Vaste latéral ; F. Pectiné (section) ; G. Long adducteur (section) ; H. Grand adducteur ; I. Long adducteur (section) ; J. Gracile ; K. Vaste médial.

causée par un mouvement de torsion forcée du pied, notamment dans la pratique de certains sports comme le soccer, le hockey sur glace, le rugby ou le ski. Les entorses bénignes se traduisent par une douleur à l'articulation et un gonflement. Les entorses graves se caractérisent par une douleur vive et par une hémarthrose (saignement dans la cavité articulaire).

Les traumatismes de la face externe du genou sont plus fréquents que ceux de la face interne. Les lésions peuvent se produire au niveau du ménisque interne ou du ligament collatéral tibial (attaché au ménisque). Si le traumatisme est plus violent, le ligament croisé antérieur se rompt. Enfin, si le traumatisme est extrêmement violent, le ligament croisé postérieur finit par se rompre.

C. Ménisques du genou

Les lésions des ménisques surviennent dans la plupart des sports et sont fréquentes dans les sports de contact. Les ménisques sont souvent lésés lors de traumatismes. Généralement, les ménisques se déchirent sur la longueur. Les lésions sont essentiellement des déchirures qui vont parfois jusqu'à la rupture complète. Les lésions

du ménisque médial sont environ cinq fois plus fréquentes que celles du ménisque latéral. Pendant une rotation externe du pied et de la jambe par rapport au fémur, le ménisque médial est souvent lésé. Une rotation interne du pied et de la jambe par rapport au fémur peut provoquer une lésion du ménisque latéral.

D. Tendinite du genou

Le syndrome de friction du fascia lata (genoux de coureurs) touche la face externe de l'articulation du genou ; il atteint les sportifs qui s'entraînent souvent et longtemps à la course à pied. Ces coureurs dont la pronation du pied est augmentée sont fortement exposés à ce type de lésion. Pendant les mouvements de flexion et d'extension de l'articulation du genou, la puissante lame aponévrotique du fascia iliotibial glisse sur la face externe du genou et entraîne une inflammation locale.

E. Genu valgum

Déviation de la jambe, vers l'extérieur, de l'axe du membre inférieur avec saillie du genou en dedans. S'il est marqué, le genu valgum, couramment appelé genou cagneux, peut entraver la marche. En outre, comme les pressions ne s'exercent pas alors aux endroits habituels, le genu valgum prédispose souvent à la gonarthrose (arthrose du genou). Chez l'enfant, entre 3 et 5 ans, le genu valgum est courant, et accentué en cas d'excès de poids ; il s'explique par diverses causes : hyperlaxité des ligaments collatéraux (tibial) du genou, séquelle de fracture (fracture de la partie inférieure du fémur ou de la partie supérieure du tibia, qui n'a pas été réduite correctement), une maladie osseuse par carence (rachitisme) ou une malformation osseuse. Chez l'adulte, le genu valgum peut s'expliquer par un genu valgum infantile non traité, une séquelle de fracture du genou incorrectement réduite ou une maladie osseuse (ostéomalacie). Il est parfois à l'origine d'une arthrose du genou invalidante. Sur genu valgum, les arthroses sont mieux tolérées qu'elles le sont sur genu varum.

F. Genu varum

Déviation de la jambe, vers l'intérieur, de l'axe du membre inférieur avec saillie du genou en dehors. Le genu varum, couramment appelé jambe arquée, peut évoluer vers une arthrose du genou (gonarthrose) par excès de pression sur des points normalement soumis à des pressions faibles. Chez l'enfant, le genu varum est habituel jusqu'à l'âge de 18 mois. Chez les enfants plus âgés, il peut être la conséquence d'une maladie osseuse (rachitisme). Chez l'adulte, le genu varum peut être la conséquence d'un genu varum infantile non traité ou une séquelle de fracture.

G. Genu recurvatum

Déformation du genou caractérisée par la possibilité d'étendre anormalement vers l'avant la jambe sur la cuisse, de façon à former un angle ouvert vers l'avant. On distingue trois principaux types de genu recurvatum. Le genu recurvatum familial, très

fréquent, s'observe dès les premiers pas chez le jeune enfant. Bénin, il est dû à une hyperlaxité de l'articulation et disparaît généralement à l'âge adulte, sans traitement particulier. Il arrive cependant que la déformation persiste à l'âge adulte et soit à l'origine d'une arthrose du genou. Le genu recurvatum congénital, plus rare et plus grave, est toujours associé à une arthrogrypose (luxation congénitale du genou par malformation complexe de l'articulation). Le genu recurvatum acquis est la conséquence d'une fracture de la partie inférieure du fémur ou de la partie supérieure du tibia, incorrectement réduite, ou la conséquence de déficits musculaires imputables à une paralysie, déficits qui expliquent la mobilité anormale du genou.

2. Lésions patellaires

A. Fracture de la patella

Les fractures de la patella sont fréquentes chez l'adulte, souvent consécutives à un choc direct (coup de pied d'un adversaire au soccer, chute sur le genou). Les principales séquelles d'une fracture de la patella sont l'arthrose et la chondromalacie patellaire.

B. Chondromalacie patellaire

La chondromalacie patellaire est une anomalie associée à la dégénérescence du cartilage articulaire de la patella en contact avec les condyles du fémur. Elle peut apparaître chez un sujet âgé de 10 à 25 ans. La douleur qu'elle engendre peut se manifester lorsque le sujet gravit ou descend une pente ou un escalier, et lorsqu'il s'accroupit.

C. Luxation de la patella

Une luxation de la patella peut être la conséquence d'un traumatisme violent. Des fragments de cartilage et d'os peuvent se détacher et rester prisonniers de l'articulation du genou. Une rupture du bord interne de la capsule articulaire de la patella peut survenir. La lésion touche souvent les jeunes âgés de 14 à 18 ans et elle n'est pas inhabituelle chez les sportifs de plus de 25 ans.

D. Tendinite de la patella

La lésion du ligament patellaire (genou de sauteur) est un accident courant chez les adeptes de l'athlétisme, les spécialistes des sauts et des lancers, les joueurs de badminton, de volley-ball et de basket-ball, les haltérophiles, etc. La lésion consiste en une rupture partielle du ligament, dans sa partie supérieure et postérieure. Il s'ensuit une inflammation de la région de la lésion.

E. Bursite de la patella

Lorsque la bourse synoviale située à l'avant de la patella est atteinte, on appelle cette bursite « genou de la vieille ménagère » et, lorsqu'est atteinte la bourse synoviale située sous la patella, on l'appelle « genou du poseur de plancher ». Dans la

région de l'articulation du genou, c'est la bourse synoviale subtendineuse prépatellaire (hygroma), située à l'avant de la patella, qui est le plus souvent atteinte de lésions. Des hémorragies peuvent survenir dans cette bourse synoviale après un coup porté contre la patella.

3. Blessures de la jambe

A. Fractures de la jambe

Les fractures sont pour l'essentiel la conséquence de chocs directs (coup de pied) ou indirects (chute d'une grande hauteur) à la jambe. Elles peuvent toucher à n'importe quelle partie de la jambe. Les sources en sont généralement des accidents ou des chutes, notamment dans le cadre d'activités sportives (équitation, ski alpin, hockey sur glace, soccer). Il s'agit soit de fractures concomitantes du tibia et de la fibula, soit de fractures isolées du tibia ou de la fibula. Les fractures de la fibula sont assez fréquentes et souvent associées à d'autres fractures. La fibula peut se fracturer dans sa partie médiane ou au niveau de la malléole externe, ce qui entraîne la désinsertion des ligaments collatéraux dans la majorité des cas.

B. Phlébites au niveau de la jambe

La jambe est, en outre, la zone du corps la plus fréquemment sujette à des phlébites (oblitération d'une veine profonde par un caillot). Les phlébites peuvent découler d'une immobilisation prolongée (sous plâtre en particulier) ou d'un traumatisme.

4. Ruptures musculaires

A. Quadriceps fémoral (extenseur du genou)

Le muscle de la région de l'articulation du genou le plus souvent atteint de ruptures est le muscle quadriceps. Une partie du quadriceps, habituellement le muscle droit de la cuisse, peut se rompre dans la zone de transition entre le muscle et le tendon au-dessus de la patella là où le muscle tire sur la cuisse. Le tendon du muscle quadriceps peut également se détacher de la patella.

B. Biceps fémoral (fléchisseur du genou)

Le muscle biceps fémoral est un muscle fléchisseur du genou susceptible de rupture, partielle ou totale, et de lésion par surcharge. Lorsque le biceps fémoral est l'objet d'une lésion, celle-ci se situe souvent au niveau de son insertion sur la fibula et elle s'accompagne fréquemment d'une rupture du ligament collatéral fibulaire. On la diagnostique chez les adeptes de sports de contact, de lutte, d'athlétisme, etc.

Le saviez-vous ?

1. La patella bipartita est une variation anatomique qui consiste en une fragmentation de la patella en plusieurs os juxtaposés. Il s'agit le plus souvent de deux fragments réunis par un ligament interosseux. Cette situation résulte de l'absence de fusion de plusieurs points d'ossification primitifs de l'os.

2. Le creux poplité est une dépression triangulaire sur la surface postérieure du genou.
3. Les muscles qui forment la «patte d'oie» sont les attaches des muscles sartorius, gracile et semitendineux.
4. La paralysie sciatique entraîne un déficit presque complet de la flexion du genou. Les muscles ischiojambiers sont innervés par le nerf sciatique.
5. Les ischiojambiers tirent leur nom, tout au moins en langue anglaise, de l'aspect «cordiforme» (*hamstrings*) de leur terminaison derrière le genou.
6. La gonarthrose (arthrose du genou) est la cause la plus fréquente de douleur au genou chez les sujets de 45 ans et plus. Elle est souvent induite par une mauvaise conformation de l'articulation qui provoque une surcharge sur l'une des parties du genou.



Page laissée blanche

CHAPITRE 13

Cheville, pied, orteils

Os de la cheville

Le tarse forme la cheville (Figure 13.1). Il regroupe les os qui constituent la moitié postérieure du squelette du pied. Au nombre de sept, ces os courts forment une voûte et sont disposés en deux rangées. Le tarse postérieur est formé de l'os calcanéus et du talus qui le surmonte. Un os latéral, l'os cuboïde, compose le tarse antérieur. Les os médiaux du tarse sont l'os naviculaire que coiffent, sur l'avant, les os cunéiformes médial, intermédiaire et latéral (Kahle, Leonhardt et Platzer, 1988; Tortora et Grabowski, 1994).

Talus

Os du tarse, il repose sur le calcanéus et s'articule avec le tibia et la fibula. Situé entre la malléole médiane et la malléole latérale, il supporte toute la masse du corps qu'il répartit sur les autres os du tarse. Aucun muscle ne s'insère sur le talus.

Calcanéus (os calcis, os du talon)

C'est un os allongé, le plus volumineux du pied. Situé dans la partie postérieure du tarse, il forme la saillie du talon; son sommet s'articule avec le talus et sa face antérieure, avec le cuboïde. Il sert de point d'attache à plusieurs muscles du mollet. Le sustentaculum tali, qui soutient la tête du talus, est le processus du calcanéus.

Os cuboïde

C'est l'os latéral de la rangée antérieure du tarse. Sa face postérieure s'articule avec le calcanéus; sa face antérieure, avec les métatarsiens IV et V; sa face interne, avec l'os naviculaire et l'os cunéiforme latéral.

Os naviculaire

Os court de la rangée moyenne du tarse, il est situé sur le bord médial du pied. Sa face postérieure s'articule avec le talus; sa face antérieure, avec les os cunéiformes; sa face latérale, avec le cuboïde.

Os cunéiforme intermédiaire

C'est le petit os de la rangée antérieure du tarse. En forme de coin, il est bordé sur les côtés par les cunéiformes médial et latéral, à l'arrière par l'os naviculaire, et à l'avant par le métatarsien II.

FIGURE 13.1 **Os du tarse**

A. Cuboïde; B. Cunéiforme latéral; C. Métatarsiens; D. Calcanéus; E. Talus; F. Naviculaire; G. Cunéiforme intermédiaire; H. Cunéiforme médial.

FIGURE 13.2 **Os du métatarse et des orteils**

A. Métatarse; B. Phalanges proximales; C. Phalanges intermédiaires; D. Phalanges distales; E. Base du métatarsien; F. Corps du métatarsien; G. Tête du métatarsien; H. Base de la phalange; I. Corps de la phalange; J. Tête de la phalange.

Os cunéiforme latéral

C'est l'os de la rangée antérieure du tarse. Il s'interpose entre le cunéiforme intermédiaire et le métatarsien II, entre le cuboïde et le métatarsien IV, entre l'os naviculaire et le métatarsien III.

Os cunéiforme médial

C'est l'os médial de la rangée antérieure du tarse. En forme de coin, sa face postérieure s'articule avec l'os naviculaire; sa face antérieure, avec le métatarsien I; sa face latérale, avec l'os cunéiforme intermédiaire et le métatarsien II.

Os du pied

Le pied se compose de cinq os longs, les métatarsiens (Figure 13.2). Le métatarse regroupe les os qui constituent le segment antérieur de la voûte plantaire. Les métatarsiens sont numérotés de I à V dans le sens médiolatéral. Le métatarsien est un os allongé composé d'un corps, d'une base qui s'articule avec le tarse et d'une tête qui répond à une phalange proximale.

Os des orteils

Les orteils, ou doigts du pied, sont des appendices libres et indépendants qui forment l'extrémité distale du pied. Au nombre de cinq, ils sont numérotés dans le sens

médiolatéral. On distingue le hallux ou orteil I, les orteils II, III, IV et le petit orteil ou orteil V. Chaque orteil comporte quatre faces : dorsale, plantaire, latérale et médiale. Le squelette des orteils est semblable à celui des doigts.

Les phalanges sont des pièces osseuses articulées qui forment le squelette des orteils (Figure 13.2). On en compte trois par orteil, à l'exception du gros orteil qui en comprend deux. Ce sont des os allongés qui se composent d'un corps, d'une extrémité proximale excavée, ou base, et d'une extrémité distale convexe qu'on appelle aussi la tête. La phalange proximale est la plus rapprochée du métatarse. La phalange moyenne est la phalange intermédiaire entre la phalange proximale et la phalange distale. Le gros orteil en est dépourvu. La phalange distale est la dernière phalange des cinq orteils. Comme la phalange distale des doigts de la main, elle est recouverte par l'ongle. Les phalanges des orteils, au nombre de quatorze, sont plus courtes que celles des doigts.

Arcs du pied

Les os tarsiens (cheville) et métatarsiens (coup de pied) s'unissent pour former trois arcs, les arches du pied (Marieb, 1999; Vandervael, 1966) (Figure 13.3).

Arc longitudinal du pied

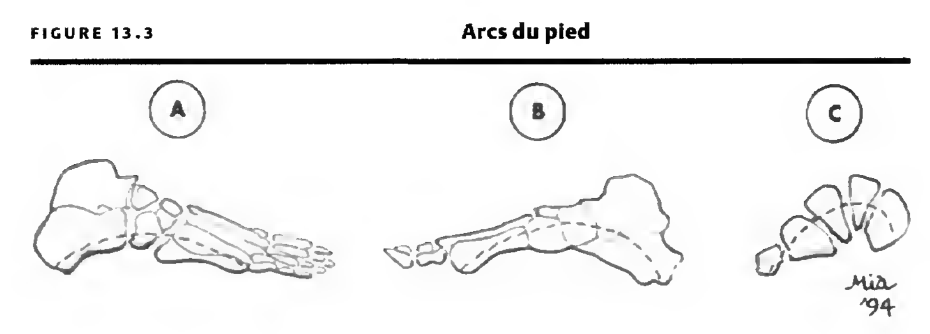
L'arc longitudinal du pied forme une courbure longitudinale constituée d'une partie latérale et d'une partie médiale. La partie latérale se compose du calcanéus, du cuboïde et du métatarsien V. Cette partie est peu souple et son apogée est à environ 3 à 5 mm du sol. La partie médiale se compose du calcanéus, du talus, de l'os naviculaire, du cunéiforme médial et du métatarsien I. Elle est plus souple et son apogée est à environ 15 à 18 mm du sol.

Arc transversal du pied

L'arc transversal du pied est la courbure transversale constituée par la base des métatarsiens, le cuboïde et les trois cunéiformes. C'est un arc de courbure peu prononcée.

Les ligaments — aidés par les muscles et leurs attaches — sont les structures les plus essentielles au maintien des arcs qui servent, pour leur part, à distribuer

FIGURE 13.3 **Arcs du pied**



A. Arc longitudinal latéral; B. Arc longitudinal médial; C. Arc transversal.

adéquatement le poids du corps sur le calcanéus et les métatarsiens. Des arcs longitudinaux aplatis (pieds plats) génèrent beaucoup de fatigue. Les sujets touchés par cette malformation seront un jour affligés de maux de dos imputables à une mauvaise absorption des chocs par les arcs du pied. La marche, la course et les autres activités du même genre leur deviennent souvent pénibles. Chez les coureurs débutants, des chaussures inadéquates, une mauvaise technique et des surfaces trop dures peuvent provoquer un affaissement de l'arche. Si l'arche est affaissée, le pied est en position de pronation.

Tendon d'Achille

Le tendon d'Achille (calcanéen ou d'Hippocrate) est le tendon le plus volumineux de l'organisme; il est rattaché aux tendons du gastrocnémien et du soléaire. Un mythe grec raconte que la mère d'Achille plongea son fils dans le Styx pour lui conférer l'invulnérabilité, en le tenant uniquement par le talon. De ce fait, le talon d'Achille fut la seule partie de son corps qui, n'ayant pas été en contact avec l'eau du Styx, resta vulnérable.

Le tendon d'Achille permet la flexion plantaire de la cheville (et de se porter ainsi sur la pointe des pieds). Très résistant, il peut supporter une charge de 400 kg. Le réflexe achilléen est un réflexe ostéotendineux. La percussion du tendon d'Achille, avec un marteau à réflexes, entraîne une flexion plantaire du pied.

Articulation de la cheville

La cheville est formée de l'articulation talocrurale ou tibiofibulotarsienne (Basmajian, 1977; Norkin et Levangie, 1992).

Articulation talocrurale

Articulation de la cheville, synoviale, de type ginglyme (trochléenne), elle unit le tibia et la fibula au talus (Figure 13.4).

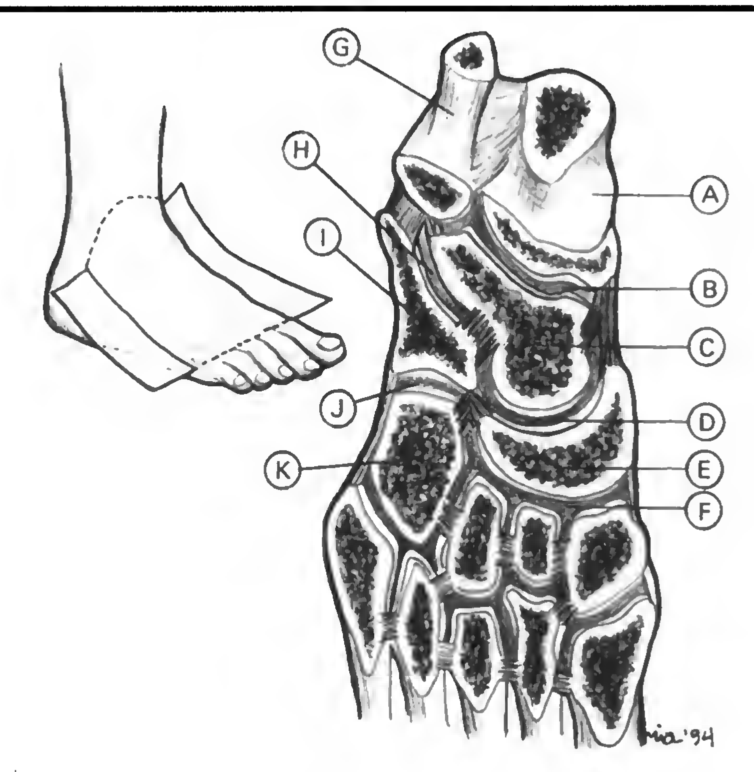
a) Surfaces articulaires : malléole latérale, malléole médiale, surface distale du tibia, trochlée du talus et surfaces malléolaires médiale et latérale du talus.

b) Capsule articulaire : membrane fibreuse mince et lâche, à l'avant et à l'arrière. La membrane synoviale forme des culs-de-sac entre le tibia et la fibula, à l'avant et à l'arrière, entre les fibres de la membrane fibreuse.

c) Ligaments : ligament médial constitué de quatre parties — tibionaviculaire, tibiocalcanéenne et tibiotaliennes antérieure et postérieure. Les ligaments de la cheville comprennent aussi le ligament talofibulaire antérieur, le ligament calcanéofibulaire et le ligament talofibulaire postérieur.

d) Anatomie fonctionnelle : flexion dorsale (flexion) ou flexion plantaire (extension).

FIGURE 13.4 **Coupe oblique des articulations de la cheville et du pied**



A. Tibia; B. Articulation talocrurale; C. Talus; D. Articulation talocalcanéonaviculaire; E. Os naviculaire; F. Articulation cunéonaviculaire; G. Fibula; H. Articulation subtalienne; I. Calcanéus; J. Articulation calcanéocuboïdienne; K. Os cuboïde.

Articulations du pied

Il existe onze articulations indépendantes au niveau du tarse :

- Articulation subtalienne;
- Articulation talocalcanéonaviculaire;
- Articulation calcanéocuboïdienne;
- Articulations intercunéennes (2);
- Articulation cunéocuboïdienne;
- Articulation cunéonaviculaire;
- Articulation cuboïdonaviculaire;
- Articulations tarsométatarsiennes (3).

Articulation subtalienne

Articulation synoviale de type trochoïde qui unit le talus et le calcanéus (Figure 13.4). Elle participe à l'inversion et à l'éversion.

Articulation talocalcanéonaviculaire

Cette articulation, qui unit le calcanéus et l'os naviculaire (Figure 13.4), constitue la partie médiale de l'articulation transverse du tarse. Elle est synoviale et de type sphéroïde. Elle participe à l'inversion et à l'éversion.

Articulation calcanéocuboïdienne

Cette articulation qui regroupe le calcanéus et le cuboïde (Figure 13.4), constitue la partie latérale de l'articulation transverse du tarse. C'est une articulation en selle. Elle participe à l'inversion et à l'éversion.

Articulations intercunéennes

Ces articulations, situées entre les os cunéiformes, sont au nombre de deux : la première est située entre le cunéiforme médial et le cunéiforme intermédiaire ; la seconde, entre le cunéiforme intermédiaire et le cunéiforme latéral. Ce sont des articulations planes.

Articulation cunéocuboïdienne

Articulation synoviale plane qui unit le cuboïde et le cunéiforme latéral.

Articulation cunéonaviculaire

Articulation synoviale plane qui relie l'os naviculaire aux trois os cunéiformes (Figure 13.4).

Articulation cuboïdonaviculaire

Articulation synoviale plane qui unit le cuboïde et le naviculaire.

Articulations tarsométatarsiennes (3)

Ces articulations synoviales planes du pied unissent les trois os cunéiformes et le cuboïde aux cinq métatarsiens. Elles comprennent trois articulations tarsométatarsiennes : la première, médiale, entre le cunéiforme médial et le métatarsien I ; la deuxième, intermédiaire et latérale aux métatarsiens II et III ; la troisième, latérale, unit le cuboïde aux métatarsiens IV et V.

Articulations des orteils

Articulations intermétatarsiennes

Ces articulations unissent entre elles les bases des métatarsiens. Ce sont des articulations synoviales planes, à l'exception de celle sise entre les métatarsiens I et II, qui se compose de quelques faisceaux fibreux et d'une petite bourse synoviale.

Articulations métatarsophalangiennes

Ces articulations du pied unissent les métatarsiens aux phalanges proximales des orteils (Figure 13.5). Synoviales de type sphéroïde, elles permettent des mouve-

ments de flexion, d'extension, d'adduction, d'abduction, et des mouvements réduits de rotation.

Articulations interphalangiennes du pied

Ces ginglymes, qui unissent les phalanges du pied entre elles (Figure 13.5), mettent en présence la base et la tête de deux phalanges successives. Elles assurent les mouvements de flexion et d'extension.

Mouvements du pied

Le pied peut exécuter des mouvements de flexion et d'extension, de rotation vers l'intérieur (supination) et de rotation vers l'extérieur (pronation) (Castaing et Delplace, 1979).

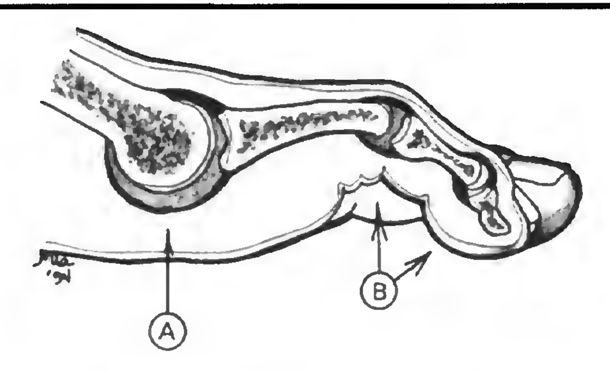
Flexion

La flexion dorsale, ou dorsiflexion, rapproche le dos du pied et l'avant de la jambe (Figure 13.6). L'amplitude de ce mouvement, à partir de la position anatomique, est d'environ 20° s'il s'agit d'un mouvement actif; elle peut atteindre 45° à 50° si s'exerce une force extérieure (poids du corps) — ce qui est le cas, par exemple, de qui travaille souvent en position accroupie et dont le poids du corps repose principalement sur les orteils.

Extension

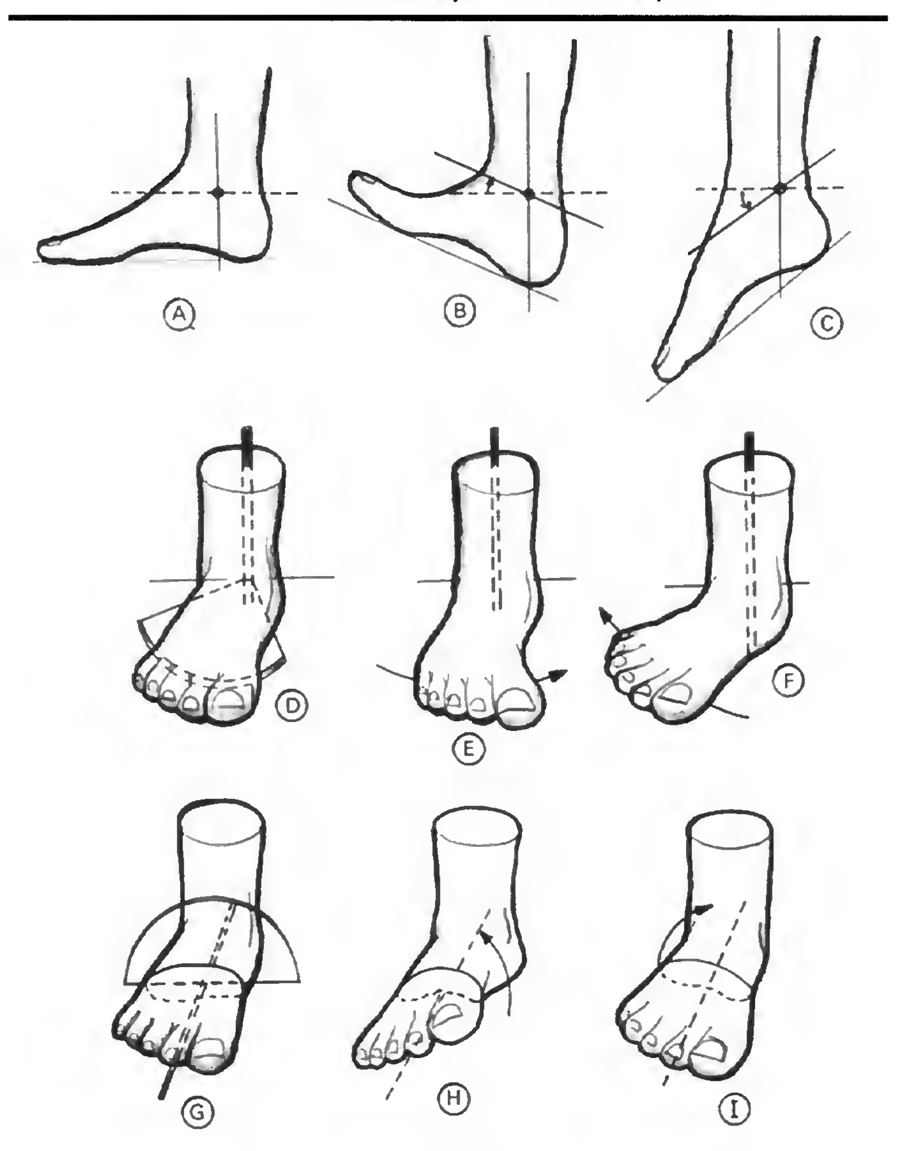
La flexion plantaire est le mouvement par lequel la face dorsale du pied s'éloigne de la face antérieure de la jambe (Figure 13.6). L'amplitude des mouvements à partir de la position verticale de la jambe, est d'environ 40° pour l'extension ; on observe toutefois des variations importantes selon les individus (de 30° à 60°). Une force extérieure doit agir sur l'articulation pour qu'elle atteigne son amplitude extrême ; cette force peut être le poids du corps (par exemple : position assise sur les talons, pieds étendus, pour l'extension).

FIGURE 13.5 **Articulations des orteils**



A. Articulation métatarsophalangienne ; B. Articulations interphalangiennes.

FIGURE 13.6 **Mouvements du pied, vues médiale (en haut) et de face (au centre et en bas)**



A. Position zéro ; B. Flexion dorsale ; C. Flexion plantaire ; D. Position zéro ; E. Adduction ; F. Abduction ; G. Position zéro ; H. Supination ; I. Pronation.

Rotation vers l'extérieur (supination)

Le bord médial du pied se soulève à l'endroit où la plante du pied tend à se tourner vers l'extérieur (Figure 13.6). La rotation vers l'intérieur est inséparable de l'adduction. Cette combinaison se nomme aussi inversion (adduction + supination + flexion plantaire).

Rotation vers l'extérieur (pronation)

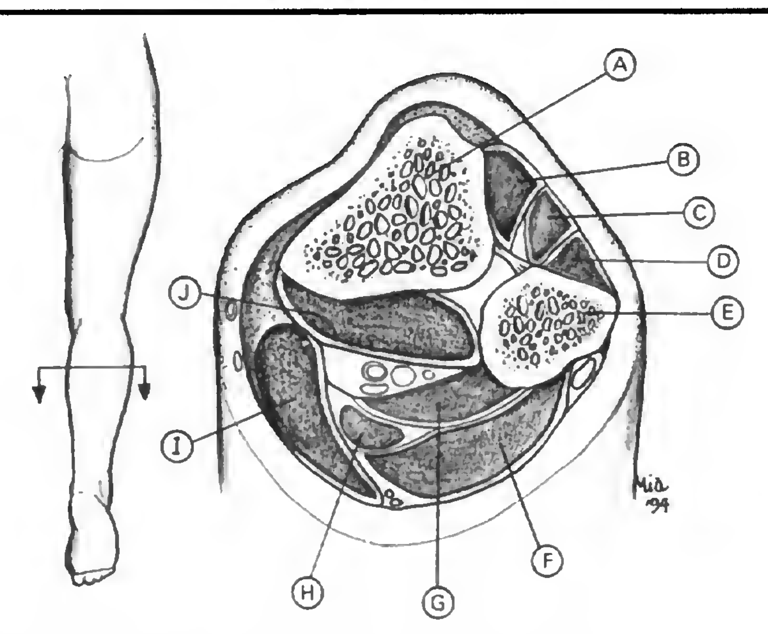
Le bord latéral s'oriente vers le haut à l'endroit où la plante du pied tend à se tourner vers l'extérieur (Figure 13.6). La rotation vers l'extérieur est inséparable de l'abduction. Cette combinaison se nomme aussi éversion (abduction + pronation + flexion dorsale).

Muscles extrinsèques de la cheville et du pied

Les muscles extrinsèques de la cheville et du pied sont au nombre de douze. Ces muscles se regroupent en trois compartiments au niveau de la jambe : antérieur, postérieur et latéral (Rasch et Burke, 1978 ; Wells, 1971).

Les muscles du compartiment antérieur (tibial antérieur, long extenseur de l'hallux, long extenseur des orteils, troisième fibulaire) agissent sur l'extension des orteils ou sur la flexion dorsale du pied. Les muscles du compartiment latéral (long fibulaire, court fibulaire) permettent la flexion plantaire et l'éversion du pied, alors que ceux du compartiment postérieur (gastrocnémien, soléaire, plantaire, long fléchisseur de l'hallux, long fléchisseur des orteils, tibial postérieur) permettent la flexion des orteils ou la flexion plantaire (extension du pied). Le compartiment postérieur est formé de deux plans. Le plan superficiel se compose du triceps sural (gastrocnémien et soléaire) et du triceps plantaire. Le plan profond est formé du tibial postérieur, du long fléchisseur de l'hallux et du long fléchisseur des orteils (Figure 13.7). Tous les muscles qui ont leur origine au niveau de la jambe s'insèrent sur le squelette du pied.

FIGURE 13.7 **Coupe transversale de la jambe (tiers supérieur)**



A. Tibia ; B. Tibial antérieur ; C. Long extenseur des orteils ; D. Long fibulaire ; E. Fibula ; F. Gastrocnémien ; G. Soléaire ; H. Plantaire ; I. Gastrocnémien ; J. Poplité.

Tibial antérieur (*tibialis anterior*)

Muscle du compartiment antérieur de la jambe, il est tendu depuis le tibia jusqu'au gros orteil. Muscle mince, important et puissant (Figure 13.8), il amorce le mouvement de flexion du pied. Son ventre est triangulaire. C'est un muscle palpable.

a) **Origine** : deux tiers proximaux de la face latérale du tibia et de la partie adjacente de la membrane interosseuse.

b) **Terminaison** : bord médial de l'os cunéiforme médial et base du métatarsien I. Il passe devant la malléole interne.

c) **Action** : fléchisseur dorsal, il permet aussi l'inversion. Dans la flexion plantaire, ce muscle est inactif pour l'inversion. Muscle sollicité dans la pratique du patinage, de la marche rapide et du ski.

d) **Innervation** : nerf fibulaire profond.

Long extenseur de l'hallux (*extensor hallucis longus*)

Muscle penné du compartiment antérieur de la jambe, entre la fibula et le gros orteil (Figure 13.9) ; il est situé sous le tibial antérieur et le troisième fibulaire. Il est impalpable.

a) **Origine** : partie moyenne de la face médiale de la fibula et partie adjacente de la membrane interosseuse.

b) **Terminaison** : base des phalanges proximale et distale du gros orteil.

c) **Action** : extenseur du gros orteil, il contribue à la flexion dorsale du pied et à l'inversion.

d) **Innervation** : nerf fibulaire profond.

Long extenseur des orteils (*extensor digitorum longus pedis*)

Muscle du compartiment antérieur de la jambe, il s'étend à partir du tibia et de la fibula jusqu'aux quatre orteils latéraux (Figure 13.10). Situé sur le côté extérieur du muscle tibial antérieur, c'est un muscle unipenné et palpable.

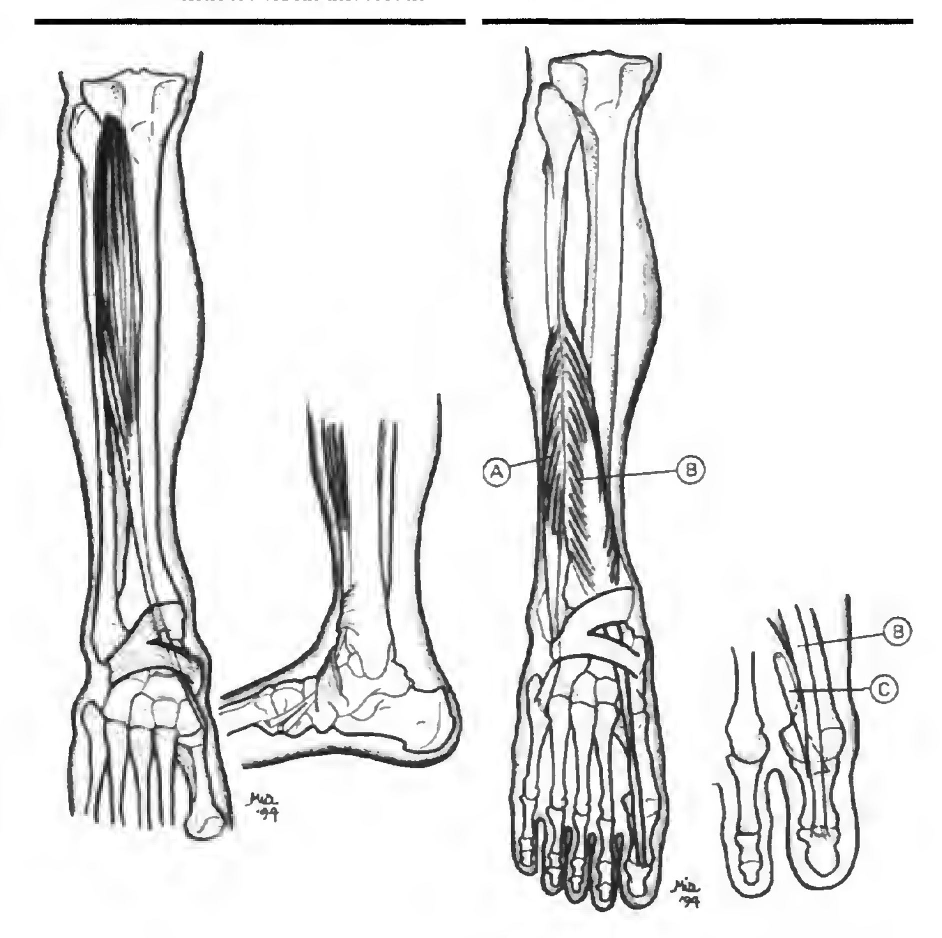
a) **Origine** : épicondyle latéral du tibia, deux tiers supérieurs de la face médiale de la fibula et partie adjacente de la membrane interosseuse.

b) **Terminaison** : devant l'articulation de la cheville, le muscle se divise en quatre tendons qui prennent fin sur la base des phalanges intermédiaire et distale des quatre orteils externes.

c) **Action** : extenseur des quatre orteils latéraux; fléchisseur dorsal, il permet aussi l'éversion du pied.

d) **Innervation** : nerf fibulaire profond.

FIGURE 13.8 Muscle tibial antérieur **FIGURE 13.9**



A. Muscle troisième fibulaire ; B. Muscle long extenseur de l'hallux ; C. Muscle court extenseur des orteils.

Troisième fibulaire (*fibularis tertius*)

Muscle penné du compartiment antérieur de la jambe (Figure 13.9), il est inconstant et impalpable.

a) **Origine** : partie distale de la face médiale de la fibula et de la partie adjacente de la membrane interosseuse.

b) **Terminaison** : face dorsale de la base du métatarsien V.

c) **Action** : fléchisseur dorsal du pied, il permet l'éversion.

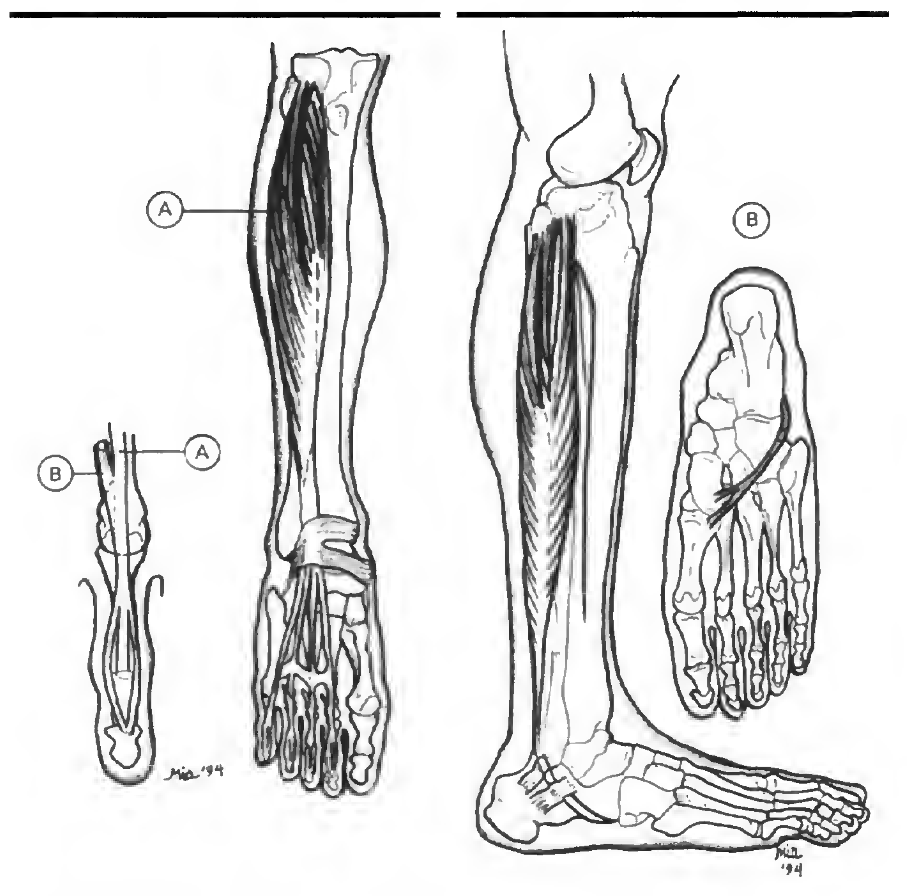
d) **Innervation** : nerf fibulaire profond.

Long fibulaire (*fibularis longus*)

Muscle superficiel du compartiment latéral de la jambe, tendu depuis la fibula jusqu'au métatarsien I (Figure 13.11), il est palpable.

FIGURE 13.10

FIGURE 13.11 **Muscle long fibulaire**



A. Muscle long extenseur des orteils ; B. Tendon du muscle court extenseur des orteils.

A. Face latérale ; B. Face plantaire.

a) **Origine** : tête de la fibula, condyle latéral du tibia, deux tiers proximaux de la face latérale de la fibula.

b) **Terminaison** : base du métatarsien I et os cunéiforme médial. Son tendon passe derrière la malléole externe.

c) **Action** : puissant éverseur, il contribue à la flexion plantaire. Il agit comme la corde d'un arc et tend la voûte plantaire transversale.

d) **Innervation** : nerf fibulaire superficiel.

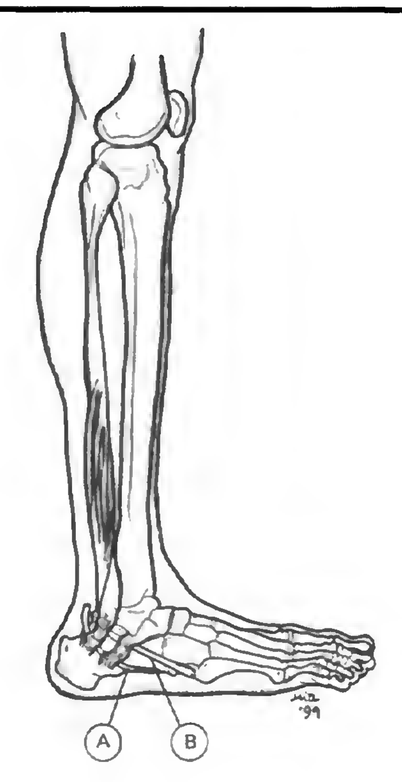
Court fibulaire (*fibularis brevis*)

Muscle du compartiment latéral de la jambe, tendu depuis la fibula jusqu'au métatarsien V (Figure 13.12), il est palpable et penné.

a) **Origine** : moitié distale de la face latérale de la fibula.

b) **Terminaison** : base du métatarsien V.

FIGURE 13.12



A. Muscle long fibulaire ; B. Muscle court fibulaire.

c) **Action :** éverseur, il participe à la flexion plantaire.

d) **Innervation :** nerf fibulaire superficiel.

Gastrocnémien (*gastrocnemius*)

Muscle puissant qui donne au mollet sa rondeur (Figure 13.13) ; il fait partie du compartiment postérieur de la jambe. Partie superficielle du triceps sural, il possède deux chefs : un latéral et un médial (plus développé). C'est un muscle palpable et biarticulaire.

a) **Origine :** insertion sur l'épicondyle latéral pour le chef latéral ; insertion sur l'épicondyle médial du fémur pour le chef médial.

b) **Terminaison :** tubérosité du calcanéus par le tendon calcanéen (tendon d'Achille).

c) **Action :** fléchisseur plantaire du pied. Muscle capital pour les départs, à la course, et pour le ballet.

d) **Innervation :** rameaux du nerf tibial.

FIGURE 13.13 **Faces postérieure (à gauche et au centre) et médiale (à droite) du muscle triceps sural**

A. Muscle gastrocnémien médial ; B. Muscle gastrocnémien latéral ; C. Muscle plantaire ; D. Muscle soléaire ; E. Tendon calcanéen.

Soléaire (*soleus*)

Le soléaire est la partie profonde du muscle triceps sural (Figure 13.13). Muscle du compartiment postérieur de la jambe, son nom vient du latin *solea* (sandale) ou du mot sole, poisson plat auquel il s'apparente par la forme. Il est recouvert par le gastrocnémien. Impalpable, c'est un muscle postural qui maintient la cheville en flexion plantaire.

a) **Origine** : face postérieure de la tête de la fibula et face postérieure du tibia sous la ligne du muscle soléaire.

b) **Terminaison** : tubérosité du calcanéus, par le tendon calcanéen.

c) **Action** : fléchisseur plantaire du pied.

d) **Innervation** : rameaux du nerf tibial.

Plantaire (*plantaris*)

Muscle vestigial et superficiel, localisé sur la face postérieure de la jambe (Figure 13.13), ce muscle est absent chez 6 à 8 % des individus. Il est impalpable et on peut l'utiliser comme matériel de suture.

a) **Origine** : épicondyle latéral du fémur.

b) **Terminaison** : bord médial du tendon calcanéen auquel il s'unit.

c) **Action** : auxiliaire (flexion plantaire).

d) **Innervation** : nerf tibial.

Long fléchisseur de l'hallux (*flexor hallucis longus*)

Muscle profond et impalpable du compartiment postérieur de la jambe (Figure 13.14), il soutient la voûte plantaire et empêche la formation du pied bot valgus.

a) **Origine** : deux tiers distaux de la face postérieure de la fibula et de la partie adjacente de la membrane interosseuse.

b) **Terminaison** : face plantaire de la base de la phalange distale de l'hallux.

c) **Action** : fléchisseur de l'hallux, il participe à l'inversion et à la flexion plantaire du pied. Exerce la poussée initiale (*pushoff*) dans la marche, la course et le saut.

d) **Innervation** : nerf tibial.

Long fléchisseur des orteils (*flexor digitorum longus pedis*)

Muscle profond, impalpable et penné, du compartiment postérieur de la jambe (Figure 13.14).

a) **Origine** : tiers moyen de la face postérieure du tibia.

b) **Terminaison** : face plantaire de la base des phalanges distales des orteils II à V.

c) **Action** : fléchisseur des orteils II à V, il participe à la flexion plantaire et à l'inversion.

d) **Innervation** : nerf tibial.

Tibial postérieur (*tibialis posterior*)

Muscle le plus profond du compartiment postérieur de la jambe (Figure 13.15), il est impalpable et soutient l'arche longitudinale.

a) **Origine** : deux tiers proximaux de la face postérieure du tibia et deux tiers proximaux de la face médiale de la fibula.

b) **Terminaison** : tubérosité de l'os naviculaire ; il se rattache par des tendons aux os environnants.

FIGURE 13.14

A. Muscle long fléchisseur des orteils; B. Muscle long fléchisseur de l'hallux.

FIGURE 13.15 **Muscle tibial postérieur**

A. Face postérieure; B. Face plantaire.

c) **Action :** puissant inverseur, il contribue à la flexion plantaire du pied.

d) **Innervation :** nerf tibial.

Le Tableau 13.1 récapitule les principaux mouvements des muscles extrinsèques de la cheville et du pied.

Muscles intrinsèques du pied

La structure squelettique du pied est très semblable à celle de la main; toutefois, elle remplit des fonctions très différentes. Tandis que la main, très polyvalente, est capable de préhension et de mouvements précis, le pied, lui, sert au support et à la locomotion; par conséquent, les muscles de ce dernier sont plus puissants que ceux de la main, ce qui leur permet de supporter les arcs du pied. Ces muscles étaient plus développés chez les primitifs, parce qu'on porte aujourd'hui des chaussures. L'aponévrose plantaire superficielle, faite de tissu conjonctif dense et résistant,

TABLEAU 13.1 **Principaux mouvements des muscles extrinsèques de la cheville et du pied**

Muscles \ Mouvements	Flexion dorsale	Flexion plantaire	Éversion/ Pronation	Inversion/ Supination
Compartiment antérieur				
Tibial antérieur	P			P
Long extenseur de l'hallux	A			A
Long extenseur des orteils	P		P	
Troisième fibulaire	P		P	
Compartiment latéral				
Long fibulaire		A	P	
Court fibulaire		A	P	
Compartiment postérieur				
Gastrocnémien		P		
Soléaire		P		
Plantaire		A		
Long fléchisseur de l'hallux		A		A
Long fléchisseur des orteils		A		A
Tibial postérieur		A		P

P : muscle principal
A : muscle auxiliaire

s'étend depuis le calcanéus jusqu'aux phalanges ; elle aide les muscles intrinsèques et extrinsèques du pied à supporter les arcades. Le manque d'exercice de ces muscles est l'un des facteurs de la notable augmentation des troubles de la statique du pied.

Autre différence entre la musculature du pied et celle de la main : l'existence d'un muscle intrinsèque sur la face dorsale du pied, le muscle court extenseur des orteils. Les autres muscles intrinsèques du pied sont tous disposés sur la surface plantaire.

Les muscles plantaires du pied se composent de trois éminences : l'éminence plantaire externe, pour le petit orteil ; l'éminence plantaire moyenne, pour les muscles intermédiaires ; l'éminence plantaire interne, pour l'hallux. Les muscles intrinsèques du pied se composent de quatre couches (Tableau 13.2).

Court extenseur des orteils (*extensor digitorum brevis pedis*)

Muscle de la face dorsale du pied, tendu entre le calcanéus et les quatre premiers orteils (Figure 13.16), dont il en est l'extenseur.

Adducteur de l'hallux (*adductor hallucis*)

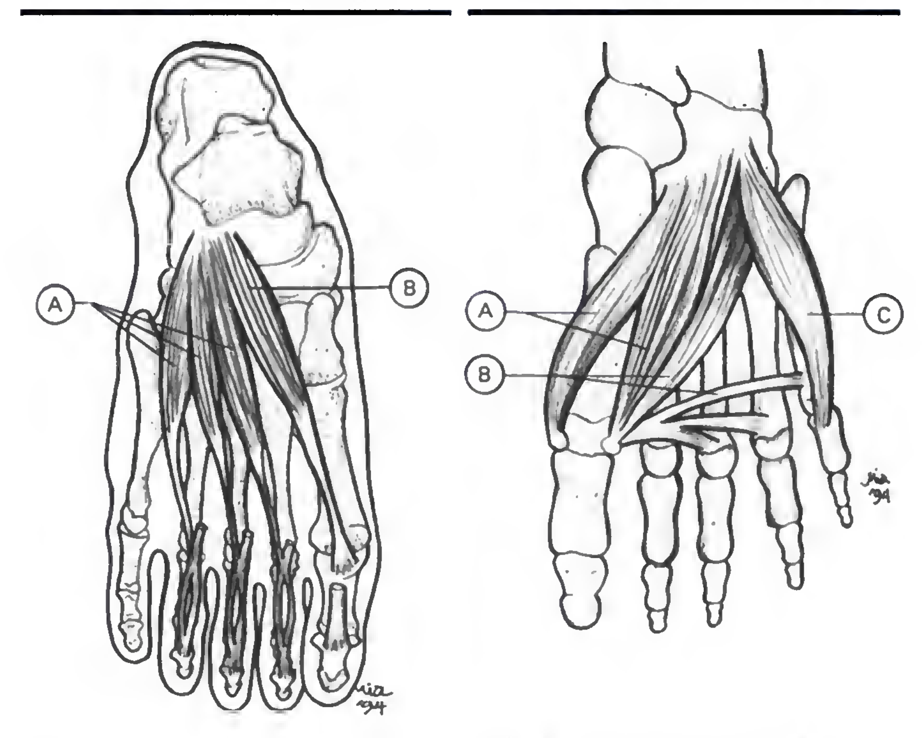
Muscle de la face plantaire du pied, tendu depuis le tarse et le métatarse jusqu'au gros orteil (Figure 13.17), il est adducteur du gros orteil. Il maintient la voûte plantaire.

TABLEAU 13.2 **Principaux mouvements intrinsèques associés aux éminences et aux couches plantaires**

Couches plantaires	Éminence plantaire externe	Éminence plantaire moyenne	Éminence plantaire interne
Superficielle Figure 13.30	Abducteur du petit orteil	Court fléchisseur des orteils	Abducteur de l'hallux
Moyenne Figure 13.31	Court fléchisseur du petit orteil	Carré plantaire Lombricaux (4)	
Profonde Figure 13.32			Adducteur de l'hallux Court fléchisseur de l'hallux
Très profonde Figures 13.22 et 13.23		Interosseux plantaires (3) Interosseux dorsaux (4)	

FIGURE 13.16 **Muscles de la région dorsale du pied**

FIGURE 13.17 **Muscles profonds de la plante du pied**



A. Muscles courts extenseurs des orteils; B. Muscle court extenseur de l'hallux.

A. Muscles courts fléchisseurs de l'hallux; B. Muscles adducteurs de l'hallux; C. Muscle court fléchisseur du petit orteil.

Court fléchisseur des orteils (*flexor digitorum brevis pedis*)

Muscle de la face plantaire du pied, tendu entre le calcanéus et les quatre derniers orteils (Figure 13.18), dont il est le fléchisseur. Il porte le nom de muscle perforé.

Abducteur du petit orteil (*abductor digiti minimi pedis*)

Muscle latéral et plantaire du pied, il est tendu entre le calcanéus et le petit orteil (Figure 13.19), dont il est l'abducteur. Il constitue le bord externe du pied.

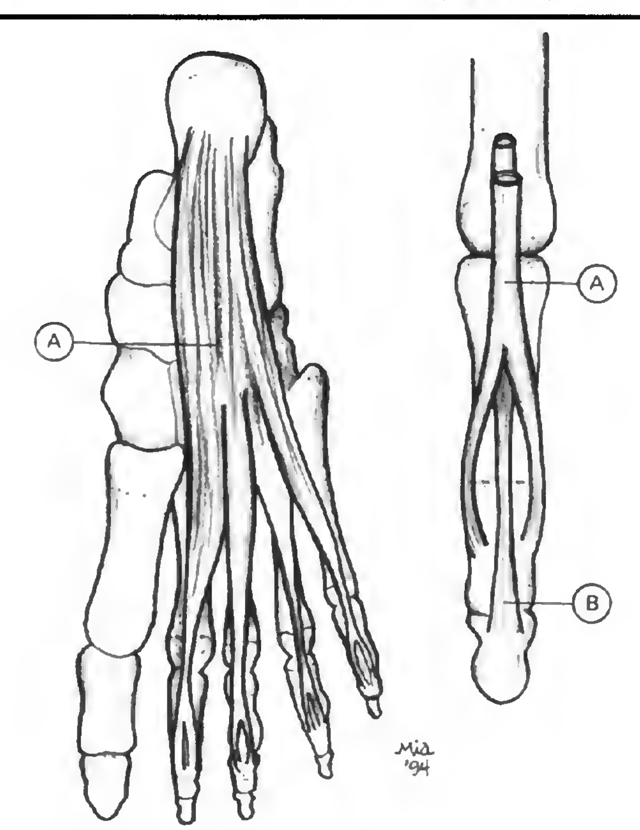
Carré plantaire (*quadratus plantæ*)

Muscle de la face plantaire du pied, tendu entre le calcanéus et le bord postérieur du tendon principal du muscle long fléchisseur des orteils (Figure 13.20), il participe à la flexion des quatre derniers orteils.

Lombricaux du pied (*lumbricales pedis*)

Généralement au nombre de quatre, annexés aux tendons du long fléchisseur des orteils, ils fléchissent la première phalange et étendent les deux autres (Figure 13.20). À la différence des muscles lombricaux de la main, ces muscles peuvent être absents ou en surnombre.

FIGURE 13.18 **Muscles superficiels de la plante du pied**



A. Muscle court fléchisseur des orteils ; B. Long fléchisseur des orteils.

FIGURE 13.19 **Muscle abducteur du petit orteil**

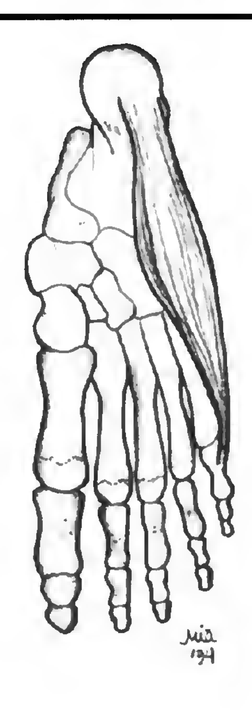
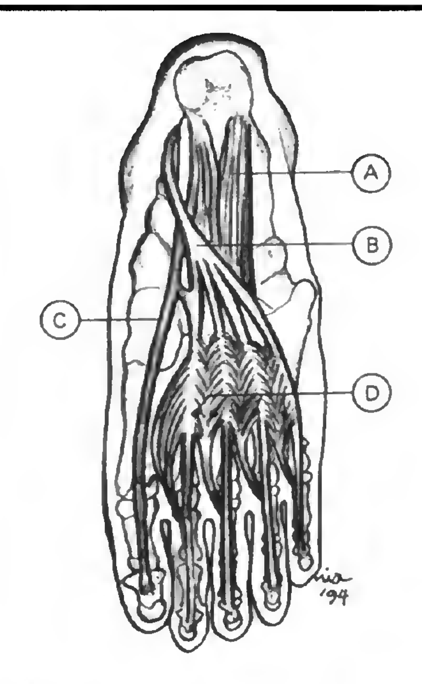


FIGURE 13.20 **Muscles profonds de la plante du pied**



A. Muscle carré plantaire ; B. Tendon du muscle long fléchisseur des orteils ; C. Tendon du muscle long fléchisseur de l'hallux ; D. Muscles lombricaux.

Court fléchisseur de l'hallux (*flexor hallucis brevis*)

Muscle situé entre le tarse et le gros orteil (Figure 13.17), dont il est le fléchisseur. C'est un muscle très sollicité dans le ballet (pour les pointes).

Abducteur de l'hallux (*abductor hallucis*)

Muscle médial du pied, qui s'étend du calcanéus au gros orteil (Figure 13.21), il est abducteur du premier orteil et tenseur de la voûte plantaire.

Court fléchisseur du petit orteil (*flexor digiti minimi brevis pedis*)

Muscle logé entre le cuboïde et la phalange proximale du petit orteil (Figure 13.17), dont il est le fléchisseur.

Interosseux plantaires (*interossei plantares*)

Au nombre de trois, tendus entre les métatarsiens III, IV, V et les phalanges proximales correspondantes (Figure 13.22), ils sont adducteurs des orteils III, IV et V.

Interosseux dorsaux du pied (*interossei dorsales pedis*)

Au nombre de quatre, ils se fixent sur les faces latérales des métatarsiens et ont leur terminaison sur les phalanges proximales (Figure 13.23). Ils sont abducteurs des orteils III et IV.

FIGURE 13.21 **Muscle abducteur de l'hallux**

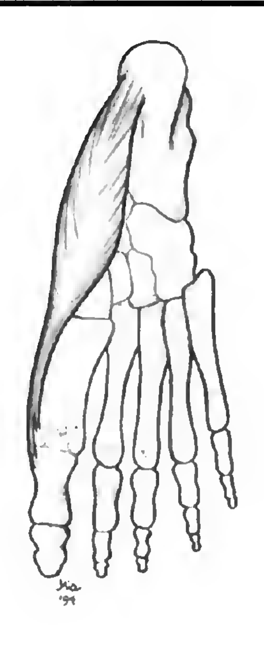


FIGURE 13.22 **Muscles interosseux plantaires (3)**

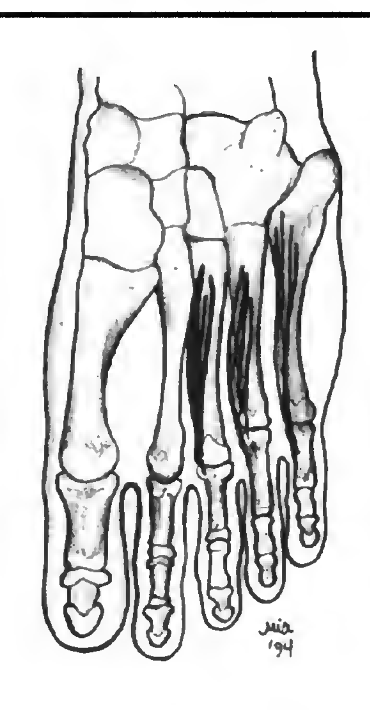


FIGURE 13.23 **Muscles interosseux dorsaux (4)**

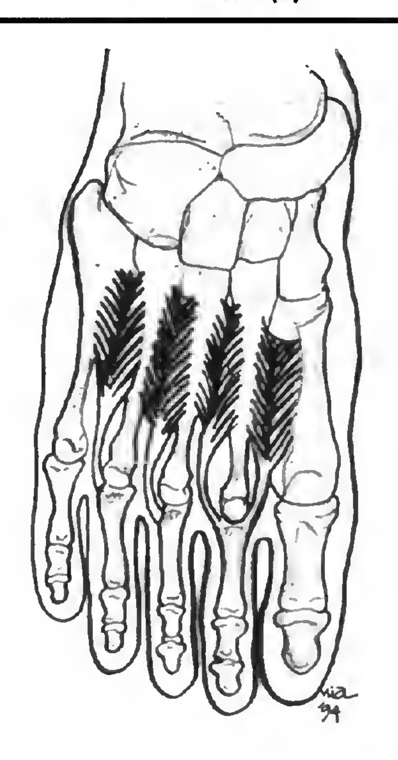


FIGURE 13.24 **Muscle opposant du petit orteil**

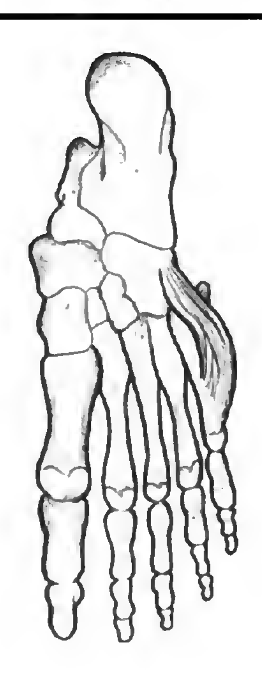
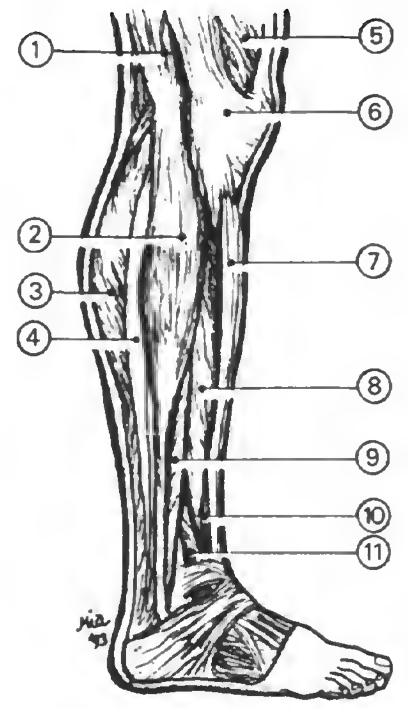


FIGURE 13.25 **Muscles superficiels latéraux de la jambe**



1. Biceps fémoral ; 2. Long fibulaire ; 3. Gastrocnémien ; 4. Soléaire ; 5. Vaste latéral ; 6. Tractus iliotibial ; 7. Tibial antérieur ; 8. Long extenseur des orteils ; 9. Court fibulaire ; 10. Long extenseur de l'hallux ; 11. Troisième fibulaire.

FIGURE 13.26 **Muscles profonds postérieurs de la jambe**

1. Gastrocnémien (section) ; 2. Tibial postérieur ; 3. Long fléchisseur des orteils ; 4. Plantaire (section) ; 5. Poplité ; 6. Long fléchisseur de l'hallux ; 7. Long fibulaire ; 8. Court fibulaire ; 9. Tendon calcanéen (section).

Opposant du petit orteil (*opponens digiti minimi*)

Muscle inconstant de la région plantaire latérale profonde (Figure 13.24), il s'étend du cuboïde au métatarsien V. Il rapproche le petit orteil de l'axe du pied.

Les Figures 13.25 à 13.32 illustrent la totalité des muscles agissants du pied.

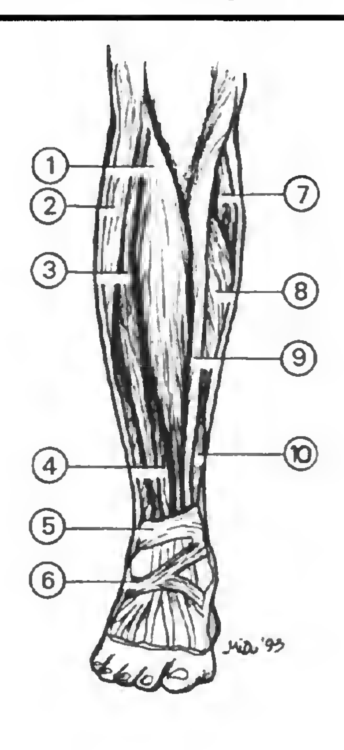
Lésions des régions de la cheville, du pied et des orteils

1. Cheville

A.1 Fracture de Dupuytren

La fracture de Dupuytren (fracture du cou-de-pied ou fracture de l'articulation talocrurale) est la conséquence d'un mouvement forcé du pied vers l'extérieur. C'est une fracture bimalléolaire qui requiert une réduction d'urgence pour éviter une déformation persistante. Les fractures du cou-de-pied, fréquentes chez les sportifs, sont occasionnées le plus souvent par une torsion du pied : le pied reste fixe tandis que le reste du corps continue sur sa lancée. Il n'est pas nécessairement le

FIGURE 13.27 Muscles antérieurs de la jambe



1. Tibial antérieur ; 2. Long fibulaire ; 3. Long extenseur des orteils ; 4. Long extenseur de l'hallux ; 5. Rétinaculum supérieur des muscles extenseurs ; 6. Rétinaculum inférieur des muscles extenseurs ; 7. Chef médial du gastrocnémien ; 8. Soléaire ; 9. Tibia ; 10. Long fléchisseur des orteils.

FIGURE 13.28 Muscles postérieurs de la jambe

1. Chef médial du gastrocnémien ; 2. Soléaire ; 3. Plantaire ; 4. Chef latéral du gastrocnémien.

résultat d'une chute grave : le seul poids du sujet et la longueur du levier suffisent à forcer l'articulation.

A.2 Fracture en varus

Le supination de l'arrière-pied, ou varus, tend à coucher le calcanéus sur sa face externe. Les fractures sont plus fréquentes en varus qu'en valgus. Différents types de fracture peuvent toucher diverses portions de la fibula.

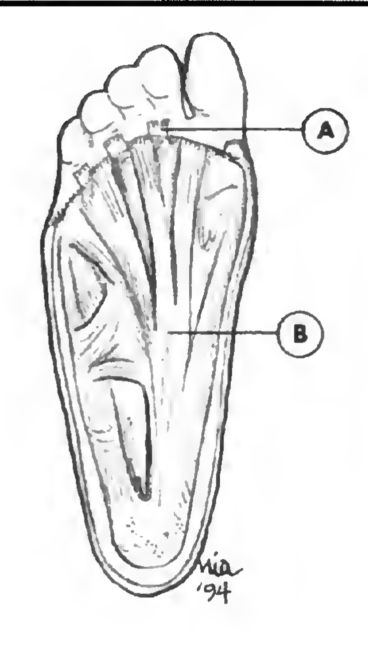
A.3 Fracture en valgus

La pronation de l'arrière-pied, ou valgus, tend à coucher le calcanéus sur sa face interne. Il se produit également dans ce cas différentes lésions dont la gravité varie en fonction du traumatisme.

B. Luxation des tendons des muscles fibulaires

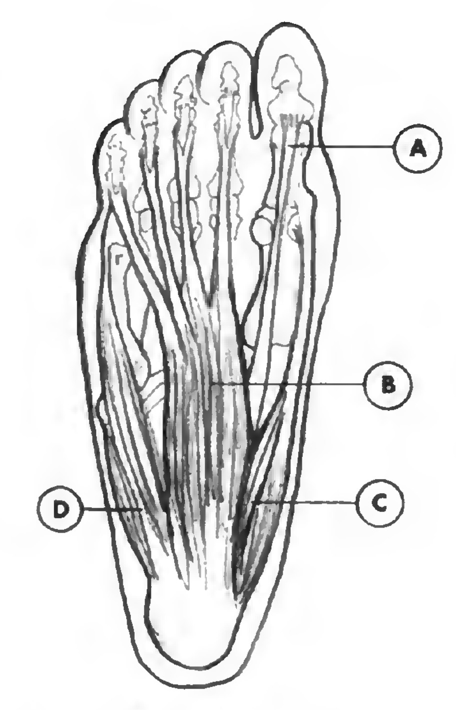
Derrière la malléole externe passent les tendons fibulaires qui contribuent à la flexion plantaire et à l'éversion de l'articulation de la cheville. En cas d'entorse de

FIGURE 13.29 Fascia plantaire du pied



A. Faisceaux transverses; B. Aponévrose plantaire.

FIGURE 13.30 Muscles plantaires du pied (couche superficielle)



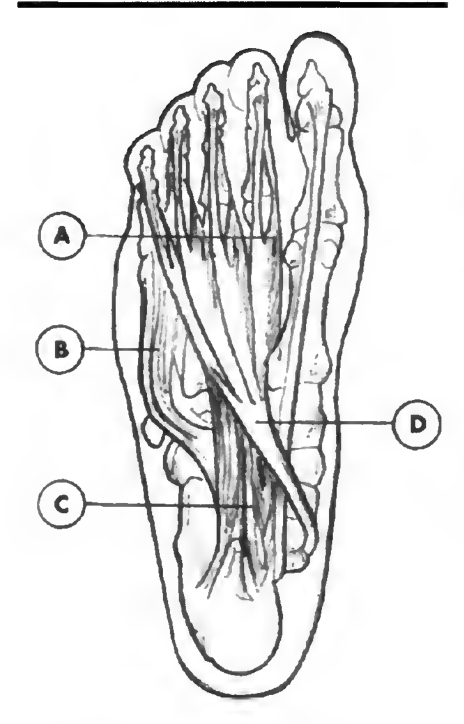
A. Tendon du muscle long fléchisseur de l'hallux; B. Muscle court fléchisseur des orteils; C. Muscle abducteur de l'hallux; D. Muscle abducteur du petit orteil.

la cheville, le rétinaculum des muscles fibulaires (supérieur et inférieur), qui maintient les tendons en place derrière la malléole externe, est arraché; pour cette raison, les tendons peuvent alors glisser vers l'avant par-dessus la malléole. Des luxations récidivantes des tendons entraînent une inflammation qui peut donner lieu à de graves états pathologiques. Cette inflammation s'observe chez les sportifs dont certaines articulations sont instables, chez les skieurs alpins et chez les sauteurs en athlétisme.

C.1 Entorse du ligament talofibulaire antérieur

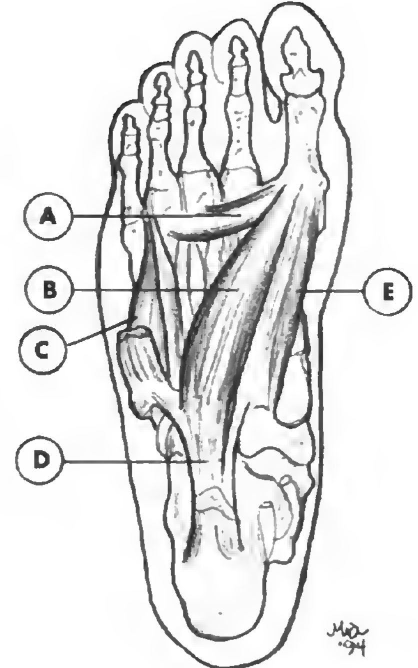
Le ligament de l'articulation de la cheville le plus souvent blessé s'étend entre la fibula et le talus; ce tendon a surtout pour tâche d'empêcher le pied de glisser vers l'avant par rapport au tibia. Dans environ 70 % de toutes les lésions des ligaments de l'articulation de la cheville, seul ce ligament est atteint. Dans environ 20 % des cas, cette lésion s'accompagne d'une rupture aussi bien du ligament entre la fibula et le talus que du ligament entre la fibula et le calcanéus. La lésion se produit habituellement en varus de l'arrière-pied et en supination du pied. C'est en flexion

FIGURE 13.31 Muscles plantaires du pied (couche moyenne)



A. Muscles lombricaux du pied; B. Muscle court fléchisseur du petit orteil; C. Muscle carré plantaire; D. Muscle long fléchisseur des orteils.

FIGURE 13.32 Muscles plantaires du pied (couche profonde)



A. Muscle adducteur de l'hallux (chef transverse); B. Muscle adducteur de l'hallux (chef oblique); C. Muscles interosseux plantaires; D. Ligament plantaire long; E. Court fléchisseur de l'hallux.

plantaire qu'on se « tord » le plus facilement la cheville; le ligament talofibulaire antérieur mérite donc bien son surnom de « ligament de l'entorse ».

C.2 Entorse du ligament calcanéofibulaire

En adduction du pied, une lésion isolée peut se produire entre la fibula et le calcanéus, mais il est plus fréquent que le ligament entre la fibula et le talus soit en même temps lésé.

C.3 Entorse du ligament médial de l'articulation talocrurale

Dans environ 10 % de toutes les lésions des ligaments de la cheville, c'est le ligament latéral interne qui est lésé. Alors, il y a fréquemment rupture partielle. La lésion se produit lorsque la plante du pied est en pronation.

C.4 Entorse du ligament tibiofibulaire antérieur

Une rupture du ligament tibiofibulaire antérieur peut survenir avec d'autres lésions des ligaments, lorsque la plante du pied et l'avant-pied sont en rotation externe et

en pronation, ou des fractures des faces interne et externe de l'articulation de la cheville. Le ligament tibiofibulaire antérieur peut également être lésé en cas de fracture du tibia de l'articulation de la cheville ou de fracture de la malléole.

2. Pied

A. 1 Fracture du talus

On peut se fracturer le talus au soccer, en ski alpin, au saut à skis, au saut en hauteur et dans divers sports en salle. La lésion est rare et difficile à traiter. Elle s'accompagne de lésions vasculaires qui peuvent compromettre la guérison.

A. 2 Fracture du calcanéus

La fracture du calcanéus est fréquente et généralement la conséquence d'une chute violente depuis un point très élevé (parachutisme). Une inflammation (calcanéite) affecte parfois la zone où se fixent, sous le calcanéus, les tendons situés à la plante du pied. La radiographie peut révéler en outre la présence d'une épine calcanéenne (petite saillie osseuse située sur la partie inférieure de l'os).

A. 3 Fracture du métatarsien

Fréquentes, les fractures des métatarsiens peuvent être la conséquence de la chute d'un objet sur le pied ou d'une torsion violente du pied. Elles sont douloureuses mais le plus souvent bénignes. C'est la fracture la plus fréquente parmi les fractures du pied.

A. 4 Fracture des orteils

Une fracture des orteils peut survenir dans la plupart des sports. La fracture la plus grave est celle du gros orteil, spécialement si une articulation est atteinte.

B. 1 Tendinite du muscle tibial postérieur

Le muscle tibial postérieur est un inverseur de première importance pour le pied. Une augmentation de la pronation entraîne une augmentation de la mise en charge et de la mise en tension du tendon du muscle tibial postérieur, avec pour conséquence une inflammation du tendon ou de la gaine synoviale. Cette tendinite touche surtout les personnes qui s'adonnent à la course à pied, mais aussi au ski et au patinage.

B. 2 Tendinite du muscle court fibulaire

L'inflammation et la rupture partielle de l'insertion sur le cinquième métatarse du tendon du muscle court fibulaire ne sont pas inhabituelles, par exemple, chez les joueurs de soccer. Parfois, également, la gaine synoviale du tendon est enflammée. La sujet atteint ressent des douleurs dans la partie supérieure du cinquième métatarse.

B. 3 Tendinite des extenseurs des orteils

Lorsque les tendons extenseurs des orteils sont exposés à une augmentation de pression par des chaussures de sport inadéquates ou lacées trop serré, ils peuvent

s'enflammer. Les symptômes sont des douleurs sur la face supérieure du pied, douleurs qui s'aggravent chez les adeptes de la course à pied.

C. 1 Anomalie : pied bot

Malformation congénitale complexe du pied, caractérisée par des rétractions tendineuses et musculaires associées à des malformations osseuses ; l'appui du pied sur le sol n'est plus alors normalement réparti sur la région plantaire.

C. 2 Anomalie : pied équin

Déformation du pied qui, bloqué en hyperextension, ne peut s'appuyer que sur la pointe et ne repose jamais sur le talon, ce qui gêne considérablement la marche. Outre certaines maladies congénitales, une fracture ou une immobilisation prolongée en mauvaise position peuvent être responsables du pied équin. Une paralysie des extenseurs peut provoquer le pied bot équin.

C. 3 Anomalie : pied plat

Affaissement de la voûte plantaire responsable d'une augmentation de la surface d'appui plantaire au sol. Le pied plat peut devenir douloureux après la puberté, parfois du seul fait d'une importante prise de poids. Il est alors contracturé et il entraîne une claudication qui s'explique par le souci d'esquiver tout appui plantaire. C'est une défaillance des muscles courts de la plante, défaillance qui entraîne une hyperextension de l'appareil ligamentaire et, par là, un affaissement de la voûte plantaire. Les pieds plats sont très fréquents chez les enfants de moins de six ans. Il se produit alors une pronation du talus qui peut glisser, du côté interne, par-dessus le calcanéus. Les pieds plats se caractérisent par un affaissement bilatéral de la voûte plantaire, ce qui induit une démarche caractéristique apparentée à celle du canard.

C. 4 Anomalie : pied creux (pied cavus)

Le calcanéus est alors en supination, tandis que les autres parties du squelette du pied sont en pronation. Le creusement excessif de la voûte plantaire du pied lui imprime un aspect cambré. Le pied creux peut être la conséquence d'une lésion neurologique (une paralysie musculaire, par exemple) ; cependant, sa cause reste le plus souvent inconnue. Le pied creux se caractérise par l'association de diverses déformations du squelette et des muscles du pied : une saillie à la surface du cou-de-pied, un affaissement de l'avant-pied par rapport au talon, des orteils en griffe et une déviation de l'axe du talon (appui sur le bord extérieur). Le pied creux peut provoquer un frottement de la peau à l'origine de cors et de durillons. C'est une affection quatre fois plus fréquente que le pied plat.

C. 5 Anomalie : pied varus

Déformation, le plus souvent congénitale, qui consiste en une déviation de l'avant-pied vers l'intérieur. Le calcanéus est alors en position de supination. Une paralysie des muscles éverseurs (pronateurs) peut être la cause de cette malposition.

C. 6 Anomalie : pied valgus

Déformation, le plus souvent congénitale, qui consiste en une déviation de l'avant-pied vers l'extérieur. Le calcanéus est alors en position de pronation. Une paralysie des muscles inverseurs (supinateurs) peut être la cause de cette malposition.

C. 7 Anomalie : pied talus

Le pied bot talus résulte d'une paralysie des muscles fléchisseurs.

C. 8 Anomalie : hallux valgus

Le port des talons hauts prédispose à l'hallux valgus, cette déviation du gros orteil vers les autres orteils. Les arthrites chroniques et les déviations du talon vers l'extérieur du pied en sont des causes moins fréquentes. L'hallux valgus se traduit par une inflammation de l'articulation métatarsophalangienne, à l'origine de douleurs parfois intenses, parfois associées à une inflammation de la bourse synoviale correspondante (bursite). Cette anomalie touche surtout les femmes. L'abaissement de la voûte antérieure du pied en est une autre cause.

C. 9 Anamalie : quintus varus

Déviation du cinquième orteil qui chevauche le quatrième.

C. 10 Anamalie : les griffes (arteil en marteau)

La flexion des orteils est exagérée et permanente, et la courbure de la plante du pied, très accentuée. La déformation en griffe peut être congénitale ou résulter d'un accident, en général au niveau du deuxième orteil. La cause première est un trouble de la statique du pied, un déséquilibre musculaire ; la seconde est le port de chaussures mal adaptées ou dont l'extrémité est trop étroite.

D. 1 Maladie : hallux rigidus

Un hallux rigidus peut survenir après de petites lésions répétées sur les surfaces cartilagineuses de l'articulation à la base du gros orteil. La mobilité de cette articulation diminue alors. Le sujet atteint éprouve des difficultés à courir et à marcher normalement. Les coureurs de fond peuvent se plaindre de douleurs au gros orteil qui les rendent incapables de courir sur de longues distances. Lorsque la flexion et l'extension passives du gros orteil sont douloureuses et limitées, on est en présence d'un hallux rigidus. Cette affection touche les sujets qui ont « le pied égyptien », c'est-à-dire dont le gros orteil est très long.

D. 2 Maladie : gautte

Maladie causée par l'accumulation d'acide urique (dérivé des protéines) dans le sang. Se forment alors de petits dépôts d'urate au niveau des articulations, surtout du gros orteil. Les causes sont multiples : hérédité, nutrition, alcool, vie sédentaire, émotions, etc.

3. Tendon d'Achille

A. Tendinite achilienne

La rupture du tendon d'Achille est une lésion tendineuse le plus fréquemment associée à la pratique d'un sport. La rupture tendineuse peut être totale ou partielle; la lésion atteint surtout les joueurs de soccer, de hand-ball, de volleyball, de basket-ball, de tennis, de squash et de badminton, sans oublier les athlètes qui s'adonnent à la course à pied et aux sauts. Les tendons du corps humain commencent à montrer des signes de dégénérescence due au vieillissement dès l'âge de 25 ou 30 ans. Les ruptures totales du tendon d'Achille touchent fréquemment les tendons atteints de dégénérescence et soumis ainsi à une charge accrue. On diagnostique souvent cette blessure chez le sportif qui, après un arrêt d'entraînement de plus ou moins longue durée, reprend l'entraînement ou se remet au sport comme loisir. La rupture partielle du tendon d'Achille peut entraîner un remaniement cicatriciel qui entretient l'inflammation. L'inflammation devient souvent chronique et peut résulter en des manifestations pathologiques persistantes.

B. Bursite achilienne

Entre le tendon d'Achille et le calcanéus se trouve une bourse synoviale, profondément enfouie, qui peut être l'objet d'une inflammation si elle est exposée à une irritation consécutive à une pression extérieure contre le tendon (par exemple, parce qu'on porte des souliers trop étroits) ou à des ruptures partielles du tendon.

4. Troubles de la peau et des os

A. Pied d'athlète

Maladie cutanée localisée entre les orteils et caractérisée par des fissures ou crevasses plus ou moins profondes, le pied d'athlète, également connu sous son appellation anglaise (*athletic foot*), est une maladie fréquente provoquée par la prolifération de champignons microscopiques (dermatophytes, levures) ou de certains germes à Gram négatif. On diagnostique ce mal surtout chez les sportifs et, en règle générale, chez tous ceux qui portent régulièrement des bottes ou des chaussures favorisant la transpiration. Les affections provoquées par des champignons sont contagieuses.

B. Durillons

Épaississement localisé de la couche cutanée de l'épiderme sur une zone de frottement du pied.

C. Verrues plantaires

Petite tumeur cutanée, bénigne, provoquée par un virus du type papillomavirus. Très contagieuse dans les bains publics, les piscines, les vestiaires, les douches.

D. Talalgie

Douleur du talon. La tatalgie peut être la conséquence d'une atteinte du calcanéus (os du talon), du tendon d'Achille ou de l'aponévrose plantaire (structure fibreuse qui renforce les muscles de la plante du pied), à la suite d'une chute sur les talons pendant un programme de gymnastique au sol, une course de haies, un plongeon.

Le saviez-vous ?

1. Le pied apparaît au quarante-cinquième jour du développement fœtal, soit trois jours après l'ébauche de la main. Sa croissance est cependant plus rapide que celle de la main.
2. Trois tendons distincts passent à l'arrière de la malléole interne : le plus antérieur est le long fléchisseur des orteils, le tibial postérieur est en position moyenne et le plus postérieur est le long fléchisseur du gros orteil.
3. Chez le nourrisson, la plante du pied paraît aplatie. La grande quantité de graisse présente dans la plante du pied en est la cause mais les arches osseuses existent déjà. Les caractéristiques fondamentales des arches du pied s'observent chez l'embryon dès l'apparition des éléments squelettiques.
4. L'abduction du pied écarte les orteils de l'axe du deuxième orteil.
5. Le poids du corps, en position debout, est réparti de façon à peu près égale sur les deux pieds, même si bien des gens s'appuient davantage sur leur pied droit.
6. Le tibial postérieur, le tibial antérieur et le long extenseur des orteils sont fréquemment sujets à une affection provoquée par la course de vitesse et la course de fond : la périostite tibiale.
7. Les muscles plantaires se fatiguent et ils sont moins résistants que l'appareil ligamentaire.

CHAPITRE 14

Tête

Os de la tête

La tête osseuse est formée de 29 os, dont 11 sont pairs. Les os de la tête comprennent les os du crâne (8 os) et de la face (14 os), les osselets de l'ouïe (6 os) et l'os hyoïde (Basmajian, 1977 ; Kahle, Leonhardt et Platzer, 1988).

Les os du crâne (crâne osseux) forment l'ensemble des os de la tête qui enveloppent l'encéphale. Au nombre de huit, soudés entre eux chez l'adulte, ils délimitent la cavité crânienne. Ils comprennent deux os pairs et latéraux (les pariétaux et les temporaux), quatre os impairs et médians (le frontal, l'ethmoïde, le sphénoïde et l'occipital).

Les os de la face (face osseuse) sont l'ensemble des os qui constituent son squelette. Au nombre de 14, ils sont regroupés autour de la cavité buccale et participent à la formation des cavités orbitaires et nasales. On distingue deux massifs. D'abord un massif facial supérieur, qui est fixe et composé d'os soudés ; ces os sont un os impair, le vomer, et douze os pairs : les os maxillaires, zygomatiques, nasaux, lacrymaux, palatins et les cornets nasaux inférieurs. L'autre massif est le massif facial, mobile et constitué d'un seul os, la mandibule.

	Nombre d'os
Os du crâne	8
Pariétaux	2
Temporaux	2
Frontal	1
Occipital	1
Ethmoïde	1
Sphénoïde	1
Os de la face	14
Maxillaires	2
Zygomatiques	2
Lacrymaux	2
Nasaux	2
Cornets nasaux inférieurs	2
Palatins	2
Mandibule	1
Vomer	1

Osselets de l'ouïe	6
Malleus	2
Incus	2
Stapes	2
Os hyoïde	1
TOTAL	29

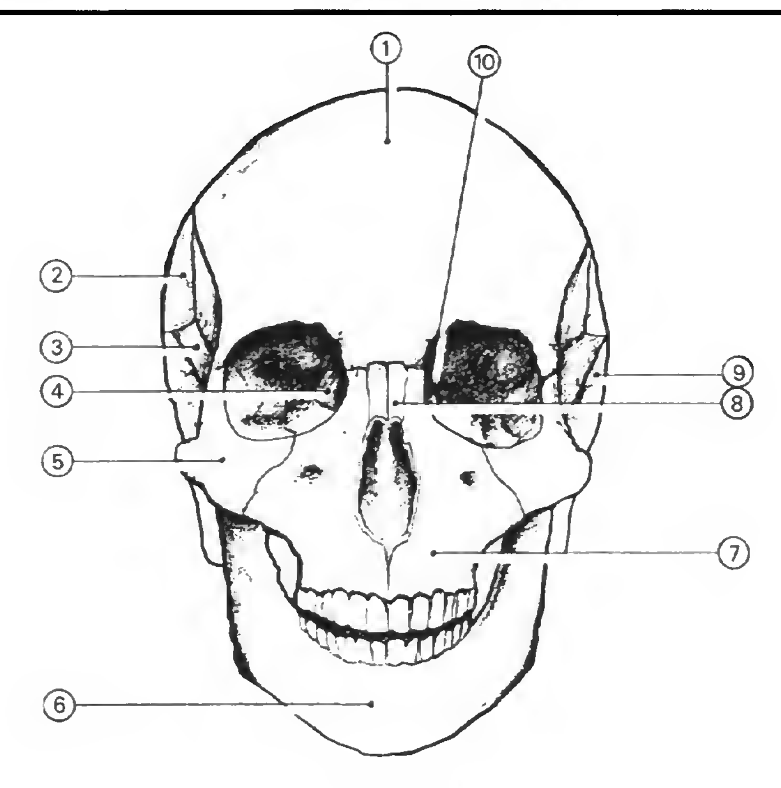
Frontal

L'*os frontal* est impair, médian et perpendiculaire au sol ; il donne son nom au plan frontal qui lui est parallèle. Il occupe toute la partie antérosupérieure de la voûte crânienne (Figure 14.1), modèle le front et forme la partie supérieure des orbites de l'œil (fosses orbitaires). Près des os du nez (nasaux), l'os frontal est percé de petites cavités nommées *sinus* ; il se rattache à de nombreux os dont les pariétaux, les nasaux et le sphénoïde.

Pariétaux

Les deux *pariétaux* (derrière le frontal) s'unissent entre eux sur la ligne médiane du crâne et forment les parois supérolatérales de la voûte crânienne (calvaria)

FIGURE 14.1 **Face antérieure du crâne**



1. Frontal; 2. Pariétal; 3. Sphénoïde; 4. Ethmoïde; 5. Zygomatique; 6. Mandibule; 7. Maxillaire; 8. Nasal; 9. Temporal; 10. Lacrymal.

(Figure 14.1). Les *os plats pariétaux* s'unissent au frontal par leur face antérieure, à l'occipital par leur face postérieure et aux temporaux par leurs faces latérales grâce à des *sutures (*coronale, lambdoïdale et squameuse).

Occipital

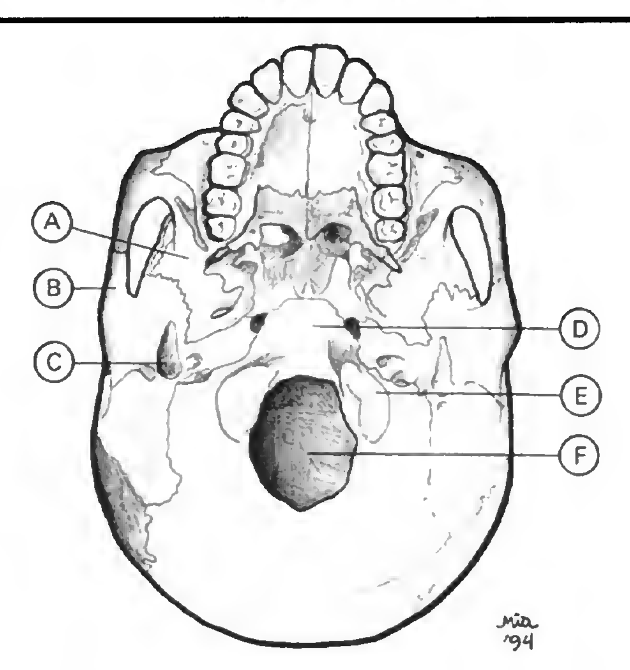
L'*os occipital* forme la paroi postérieure de la calvaria et du plancher de la boîte crânienne. Cet os livre passage au *foramen magnum* (Figure 14.2) qui relie la cavité crânienne au canal vertébral où loge la moelle épinière. À l'avant et sur les côtés du foramen magnum, se trouvent deux processus condylaires qui s'articulent avec l'atlas. À l'avant du foramen, le clivus s'articule avec l'os sphénoïde.

Temporaux

Les deux *os temporaux* occupent les parties latéro-inférieures du crâne (Figure 14.3) et renferment l'appareil statoacoustique. Chacun comprend quatre parties : l'écaille (région mince et squameuse), le rocher (région pétreuse), le processus mastoïde et le processus zygomatique. L'écaille des temporaux s'articule principalement avec l'os pariétal qui le surmonte. Le rocher est percé du foramen auditif et contient les structures de l'oreille moyenne et interne.

Le processus mastoïde du temporal est une projection saillante, située vers le bas du crâne, juste derrière le méat acoustique externe. Le processus styloïde est une

FIGURE 14.2 **Face inférieure du crâne**



A. Sphénoïde ; B. Temporal ; C. Processus styloïde ; D. Clivus ; E. Condyle occipital ; F. Foramen magnum.

épine pointue qui fait saillie sur la surface latérale inférieure du rocher, à l'avant du méat acoustique externe ; elle sert de point d'attache à l'os hyoïde, à plusieurs ligaments et à des muscles de la langue et du pharynx. Enfin, le processus zygomatique est une saillie localisée sur la partie inférieure de la région squameuse ; elle s'articule avec l'os zygomatique pour former les os de la joue (l'arcade zygomatique).

Ethmoïde

Os impair et médian situé à la base du crâne (sous le frontal) (Figure 14.4), l'ethmoïde participe (avec beaucoup d'autres os) à la formation des parois de l'orbite de l'œil et à la séparation des fosses nasales. C'est un os délicat et complexe qui compte plusieurs parties : une lame criblée, une lame verticale et deux masses latérales.

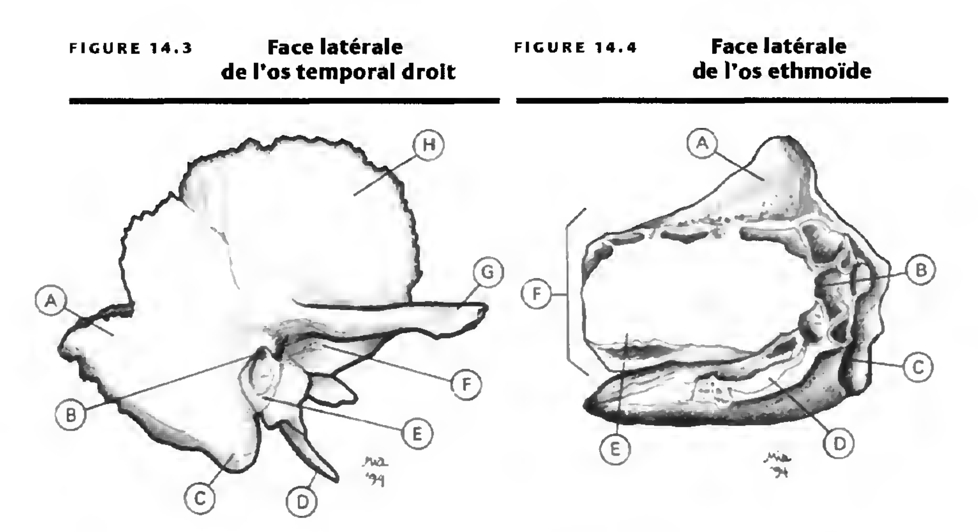
La *lame criblée*, perpendiculaire à la lame verticale, est toute perforée de trous olfactifs. La *lame verticale*, délimitée dans sa partie supérieure par la *crista galli* (crête de coq), sépare les fosses nasales en leur milieu et s'articule, dans sa partie inférieure, avec l'os *vomer*. Les *masses latérales* (labyrinthes ethmoïdaux) forment les cornets nasaux, supérieurs et moyens, contenus dans les cavités nasales de chaque côté de la lame perpendiculaire de l'ethmoïde.

Sphénoïde

Os impair, médian et symétrique, il forme la partie moyenne de la base du crâne (Figure 14.5). De forme complexe, il comporte une partie médiane, un corps, des parties latérales, de petites et de grandes ailes qui s'en détachent et une partie inférieure, les processus ptérygoïdes. Il ressemble à une chauve-souris. Il participe à la

FIGURE 14.3 **Face latérale de l'os temporal droit**

FIGURE 14.4 **Face latérale de l'os ethmoïde**



A. Partie mastoïdienne ; B. Méat acoustique externe ; C. Processus mastoïde ; D. Processus styloïde ; E. Partie tympanique ; F. Cavité glénoïdale ; G. Processus zygomatique ; H. Partie squameuse.

A. Crista galli ; B. Cellules ethmoïdales ; C. Lame perpendiculaire ; D. Processus unciforme ; E. Lame orbitaire ; F. Labyrinthe ethmoïdal.

formation de l'orbite, des fosses nasales, du pharynx, des fosses temporales et ptérygomaxillaires.

Maxillaires

Volumineux os pairs de la face, ils sont le support des dents supérieures (Figure 14.6). Soudés à tous les os de la face, hormis la mandibule, ils participent à la constitution de la cavité nasale, du palais osseux, de la cavité orbitaire et de la fosse infratemporale. De son corps se détachent les processus frontal, zygomatique, palatin et alvéolaire. Le corps du maxillaire est creusé de grandes cavités, les sinus maxillaires. Le processus frontal est une saillie osseuse verticale du maxillaire, saillie qui forme une partie du nez. Le processus zygomatique s'articule avec l'os zygomatique. Le processus palatin forme la majeure partie du palais osseux. Enfin, s'implantent les dents sur le processus alvéolaire.

Mandibule

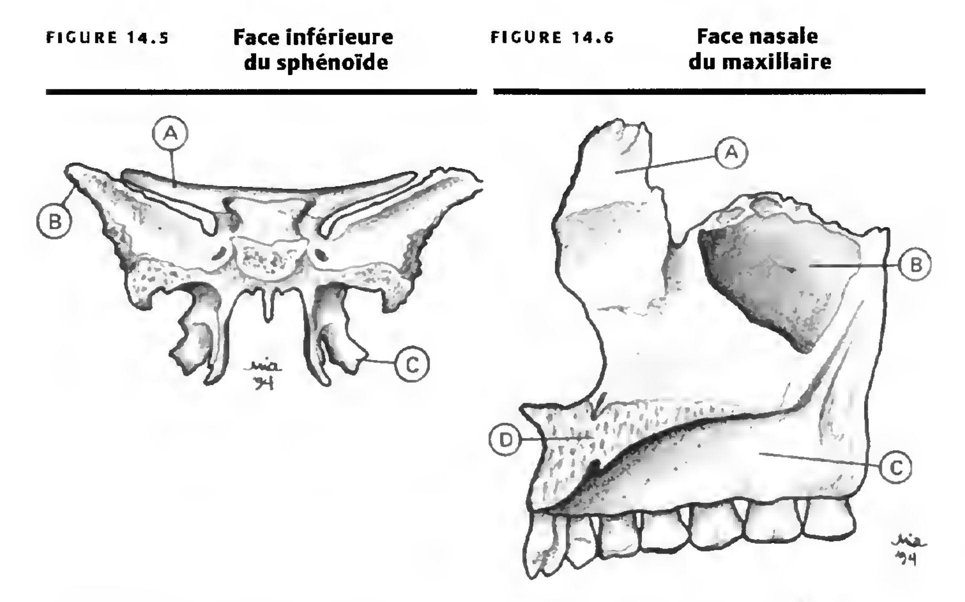
Cet os impair, médian et symétrique, constitue le squelette de la mâchoire inférieure (Figure 14.7). La mandibule se compose d'un corps horizontal arqué, où sont localisées la protubérance mentonnière à concavité postérieure, et deux branches verticales qui s'unissent au corps horizontal pour former l'angle de la mandibule. La tête de la mandibule s'articule avec le temporal. Le processus coronoïde de cet os est une lame osseuse sur laquelle s'insère le tendon du muscle temporal.

Zygomatiques

Os pairs de la face qui constituent le squelette des pommettes du visage (Figure 14.8). Ils présentent trois faces (latérale, temporale et orbitaire) et deux processus (tem-

FIGURE 14.5 **Face inférieure du sphénoïde**

FIGURE 14.6 **Face nasale du maxillaire**

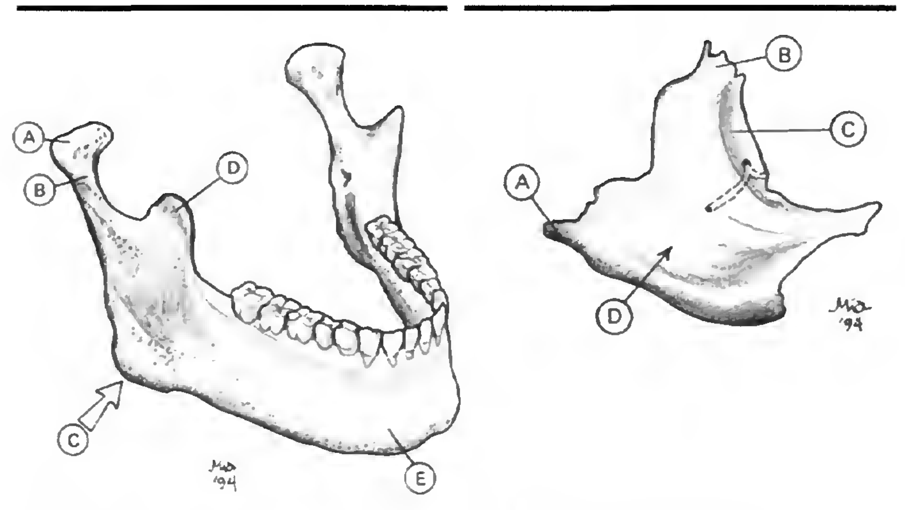


A. Petite aile ; B. Grande aile ; C. Processus ptérygoïde.

A. Processus frontal ; B. Sinus maxillaire ; C. Processus alvéolaire ; D. Processus palatin.

FIGURE 14.7 **Faces latérale et antérosupérieure de la mandibule**

FIGURE 14.8 **Face externe de l'os zygomatique**



A. Tête ; B. Col ; C. Angle ; D. Processus coronoïde ; E. Corps.

A. Processus temporal ; B. Processus frontal ; C. Face orbitaire ; D. Face latérale.

poral et frontal). Le processus temporal s'articule avec le processus zygomatique de l'os temporal. Le processus frontal s'articule avec le processus zygomatique de l'os frontal.

Nasaux

Les *os nasaux* sont deux petits os allongés qui se rejoignent au milieu de la face (Figure 14.1). Il forment la majeure partie de l'arête du nez.

Os lacrymaux

Petits os délicats de la face, ils sont situés au niveau de la paroi médiale de l'orbite (Figure 14.1). Pairs, très minces et irréguliers, ils ont trois faces : orbitaire, faciale et nasale.

Vomer

Os mince de la face (Figure 14.9), impair et médian, il contribue à la formation du squelette de la cloison des fosses nasales dans leur partie inférieure. De forme quadrilatère, il a quatre bords.

Cornets nasaux inférieurs

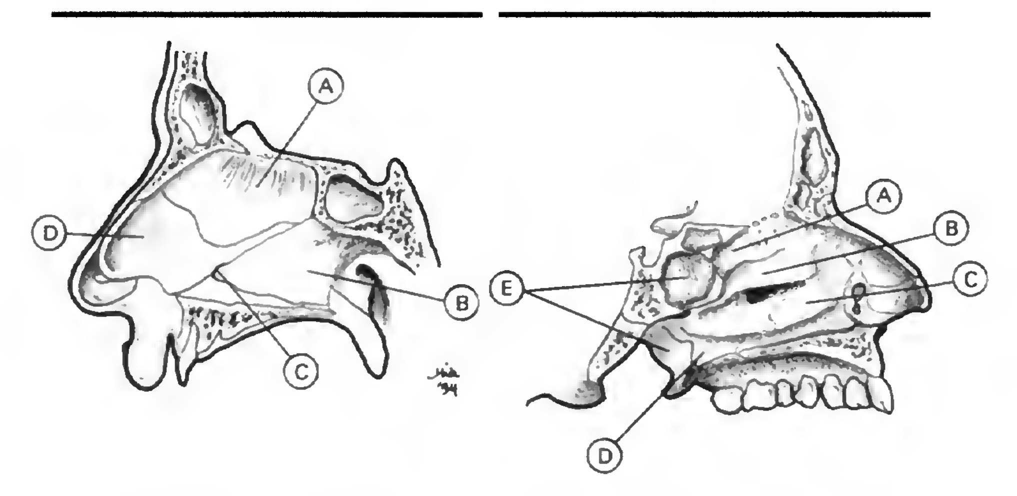
Os pairs de la face, ils participent à la constitution de la paroi latérale de la cavité nasale (Figure 14.10).

Palatins

Os pairs de la face, ils s'articulent avec la partie postérieure de la face nasale des maxillaires (Figure 14.10). De forme irrégulière, ils participent à la formation des

FIGURE 14.9 **Septum nasal**

FIGURE 14.10 **Face interne gauche de la cavité nasale**



A. Lame perpendiculaire de l'ethmoïde; B. Vomer; C. Cartilage voméronasal; D. Cartilage septal.

A. Cornet nasal supérieur; B. Cornet nasal moyen; C. Cornet nasal inférieur; D. Palatin; E. Sphénoïde.

parois des fosses nasales et de la cavité buccale. Ils se composent d'une lame horizontale et d'une lame perpendiculaire.

Osselets de l'ouïe

Osselets mobilisables, logés dans le cavum tympanique (oreille moyenne) (Figure 14.11), ils sont au nombre de trois : le malleus, l'incus et le stapes. Le malleus est fixé à la membrane tympanique ; la base du stapes, au pourtour de la fenêtre du vestibule. L'incus, situé entre les deux précédents, s'articule avec eux. Cette chaîne ossiculaire transmet l'énergie mécanique des vibrations acoustiques, recueillies par le tympan, à la fenêtre du vestibule.

Hyoïde

Os de la partie antérieure du cou (Figure 14.12), situé à la frontière du cou et du plancher de la bouche, il se projette vers l'arrière au niveau de C4. Isolé, il n'est en contact direct avec aucun autre os. C'est le seul os non articulé du corps humain. Il ne se rattache au reste du squelette que par des tendons et des ligaments. Il se compose d'une partie médiane arciforme, le corps, et de quatre cornes, deux grandes et deux petites, qui le prolongent latéralement. Il a la forme d'un « U ». L'os hyoïde soutient la langue.

Articulations de la tête

Deux articulations se retrouvent au niveau des osselets de l'ouïe : l'articulation incudomalléaire et l'articulation incudostapédienne (Kahle, Leonhardt et Platzer, 1988).

FIGURE 14.11 Osselets de l'ouïe

A. Malleus ; B. Incus ; C. Stapes.

FIGURE 14.12 Face antérieure de l'os hyoïde

A. Grande corne ; B. Petite corne ; C. Corps.

Les os du crâne sont reliés entre eux par des sutures, ou articulations fibreuses ; s'y ajoute une articulation entre un os du crâne et un os de la face, l'articulation temporomandibulaire.

Articulation incudomalléaire

Articulation qui unit l'incus et le malleus. Cette articulation en selle met en présence les surfaces articulaires de la tête du malleus et le corps de l'incus.

Articulation incudostapédienne

Articulation qui unit l'incus et le stapes. Cette articulation sphéroïde met en présence la tête concave du stapes et le processus lenticulaire convexe. C'est une articulation souple et très mobile qui joue un très important rôle fonctionnel.

Suture

Variété d'articulation fibreuse qui unit les os de la calvaria. Chez l'enfant, la suture est constituée d'un tissu conjonctif crucial (ligament sutural) progressivement envahi par du tissu osseux. Chez l'adulte, les os sont unis essentiellement par le périoste.

Articulation temporomandibulaire

Articulation de la tête qui unit le temporal au processus condylaire de la mandibule. C'est une articulation de mobilité complexe.

a) Surfaces articulaires : tubercule articulaire du temporal, fosse mandibulaire du temporal, tête de la mandibule et disque articulaire qui partage la cavité articulaire en deux espaces (supra et infradiscal).

b) Capsule articulaire : membrane fibreuse et membrane synoviale qu'un disque divise en deux parties.

c) **Ligaments** : ligament sphénomandibulaire, ligament latéral, ligament stylo-mandibulaire et ligament médial.

d) **Anatomie fonctionnelle** : la mandibule peut s'abaisser et s'élever, se porter vers l'avant (propulsion) ou vers l'arrière (rétropulsion) et effectuer des mouvements latéraux (diduction).

Muscles de la face

On les surnomme souvent « muscles de la mimique » parce qu'ils permettent l'expression de sentiments par le visage. Plusieurs de ces muscles sont des muscles *peauciers* (Pépin, 1981 ; Van de Graaff, 1988).

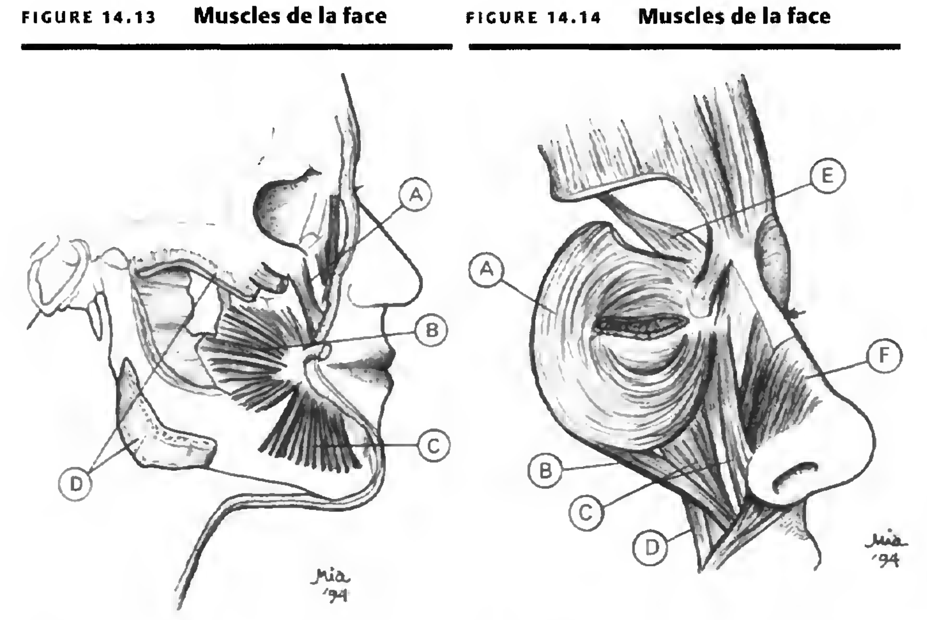
Buccinateur (*buccinator*)

Muscle cutané de la face, situé dans la partie profonde de la joue (Figure 14.13), il attire l'angle de la bouche vers l'arrière et l'extérieur. Il est antagoniste de l'orbiculaire de la bouche. Sa contraction intervient dans l'action de souffler (trompette) et dans la mastication.

Corrugateur du sourcil (*corrugator supercilii*)

Muscle de la face, il est situé dans la partie médiale et supérieure de l'arcade orbitaire (Figure 14.14). Il rapproche les sourcils en creusant des rides verticales dans la région intersourcilière.

FIGURE 14.13 Muscles de la face **FIGURE 14.14 Muscles de la face**



A. Muscle petit zygomatique ; B. Muscle buccinateur ; C. Muscle abaisseur de la lèvre inférieure ; D. Masseter (coupé).

A. Muscle orbitaire de l'œil ; B. Muscle petit zygomatique ; C. Muscle releveur de la lèvre supérieure ; D. Muscle releveur de l'angle de la bouche ; E. Muscle corrugateur du sourcil ; F. Muscle nasal.

Abaisseur de l'angle de la bouche (*depressor anguli oris*)

Muscle cutané de la face, situé près des commissures labiales (Figure 14.15) qu'il tire vers le bas. Il exprime la tristesse.

Abaisseur de la lèvre inférieure (*depressor labri inferioris*)

Muscle cutané de la face, il occupe les parties latérales du menton (Figure 14.15). Il abaisse et éverse la lèvre inférieure. C'est le muscle de la moue et du dégoût.

Occipitofrontal (*occipito frontalis*)

Muscle digastrique impair et médian, il s'étend de la région frontale à la région occipitale (Figure 14.15). Il mobilise le cuir chevelu dans le sens antéropostérieur. C'est le muscle de l'attention.

Releveur de la lèvre supérieure (*levator labri superioris*)

Muscle cutané de la face, situé dans la région infraorbitaire (Figure 14.15), il est élévateur de l'aile du nez et de la lèvre supérieure, et dilatateur des narines.

Mentonnier (*mentalis*)

Petit muscle cutané de la région mentonnière (Figure 14.15), il est élévateur des parties molles du menton et il participe à la mastication.

Orbiculaire de l'œil (*orbicularis oculi*)

Muscle plat, mince et cutané de la face, il circonscrit le bord de l'orbite (Figure 14.15). Sa contraction ferme les paupières.

Orbiculaire de la bouche (*orbicularis oris*)

Muscle cutané de la face qui entoure l'orifice buccal (Figure 14.15). Sa contraction entraîne l'occlusion de l'orifice buccal et la projection des lèvres vers l'avant.

Platysma (*platysma*)

Muscle cutané de la région antérolatérale du cou (Figure 14.15), il soulève et tend faiblement la peau du cou. Il exprime la frayeur.

Procérus (*procerus*)

Muscle de la partie supérieure du dos du nez (Figure 14.15), il abaisse la peau de la région intersourcilière. Sa contraction provoque une mimique menaçante.

Risorius (*risorius*)

Muscle cutané inconstant de la face et propre à l'homme (Figure 14.15), il étire l'angle de la bouche vers l'arrière et l'extérieur, et provoque le sourire.

Grand zygomatique (*zygomaticus major*)

Muscle cutané de la face situé dans la région jugale (Figure 14.15), il est élévateur de la lèvre supérieure et communique ainsi une expression joyeuse.

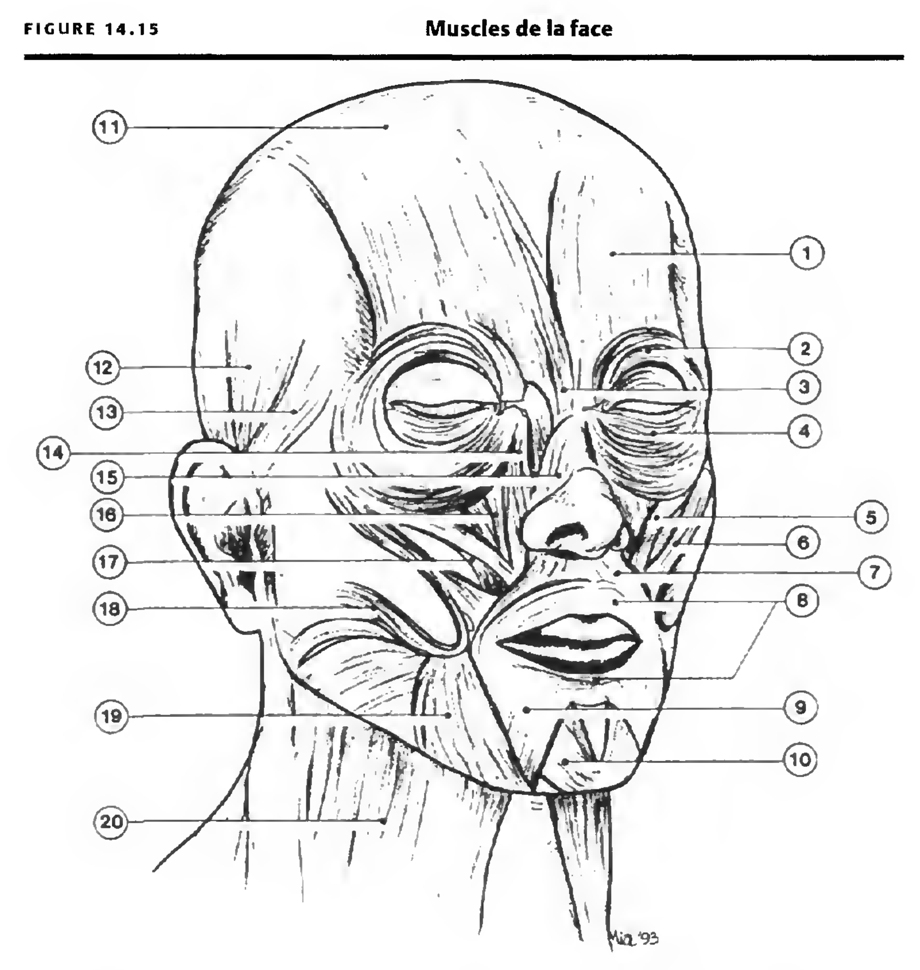
Petit zygomatique (*zygomaticus minor*)

Muscle cutané de la face situé dans la région infraorbitaire (Figure 14.15), il est élévateur de la lèvre supérieure et communique ainsi une expression joyeuse.

Muscles de la mastication

Fermer la bouche, mordre, mastiquer nécessitent la présence de muscles très puissants capables de combattre la gravité : ce sont le temporal, le masseter et les ptérygoïdiens médial et latéral qui élèvent la mandibule de chaque côté.

FIGURE 14.15 **Muscles de la face**



1. Occipitofrontal (ventre frontal) ; 2. Orbiculaire de l'œil (partie orbitaire) ; 3. Procérus ; 4. Orbiculaire de l'œil (partie palpébrale) ; 5. Petit zygomatique ; 6. Grand zygomatique ; 7. Abaisseur du septum nasal ; 8. Orbiculaire de la bouche ; 9. Abaisseur de la lèvre inférieure ; 10. Mentonnier ; 11. Galéa aponévrotique ; 12. Auriculaire supérieur ; 13. Auriculaire antérieur ; 14. Releveur de la lèvre supérieure (et de l'aile du nez) ; 15. Nasal ; 16. Releveur de la lèvre supérieure ; 17. Releveur de l'angle de la bouche ; 18. Risorius ; 19. Abaisseur de l'angle de la bouche ; 20. Platysma.

Temporal (*temporalis*)

Il occupe la fosse temporale (Figure 14.16). Il est élévateur de la mandibule, par ses fibres antérieures, et rétropulseur par ses fibres postérieures.

Masseter (*masseter*)

Appliqué contre la face externe de la branche de la mandibule, il est élévateur de la mandibule et il provoque l'ouverture de la bouche (Figure 14.13).

Ptérygoïdien médial (*pterygoideus medialis*)

Il est situé à l'intérieur de la branche de la mandibule (Figure 14.17). Sa contraction bilatérale provoque l'élévation de la mandibule ; sa contraction unilatérale provoque la diduction.

Ptérygoïdien latéral (*pterygoideus lateralis*)

Il est situé à l'intérieur de la branche de la mandibule (Figure 14.17). Sa contraction bilatérale provoque une propulsion de la mandibule ; sa contraction unilatérale provoque la diduction.

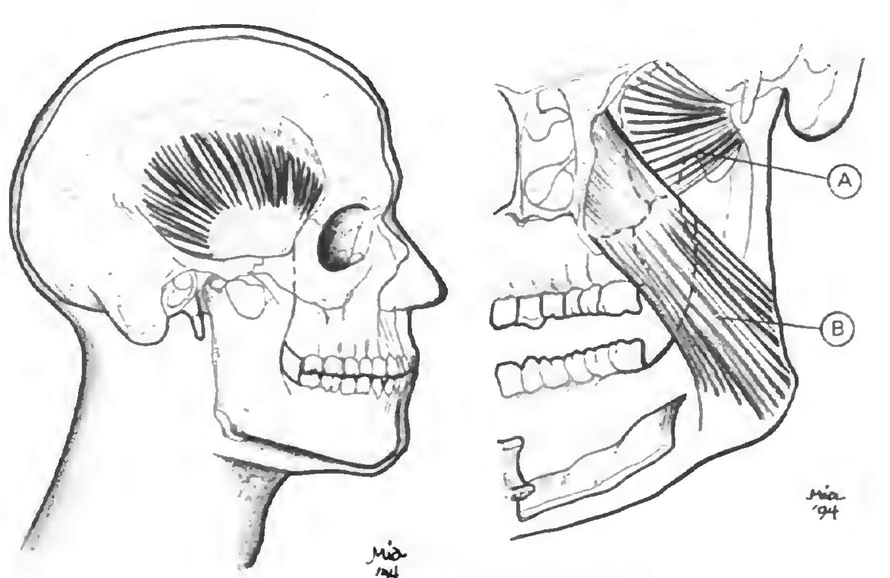
Muscles de la langue

Actionnée par dix-sept muscles intrinsèques et extrinsèques, la langue est un organe musculaire recouvert d'une muqueuse.

Les muscles intrinsèques sont disposés selon divers plans et remplissent un rôle prépondérant dans la mastication, la déglutition et l'émission des sons, en permettant à la langue d'adopter la position appropriée.

FIGURE 14.16 **Muscle temporal**

FIGURE 14.17 **Muscles ptérygoïdiens**



A. Latéral ; B. Médial.

Les muscles extrinsèques rattachent la langue aux os avoisinants (hyoïde, mandibule et temporal) et dirigent ses mouvements vers l'extérieur (génioglosse), vers l'intérieur (hyoglosse), sur les côtés et de haut en bas (styloglosses) (Figure 14.18).

Muscles du cou

Les muscles de la gorge forment la partie antérieure du cou. Ces muscles se divisent en deux groupes : les suprahyoïdiens et le infrahyoïdiens.

a) Quatre muscles suprahyoïdiens élèvent l'os hyoïde lors de la déglutition (Figure 14.19) :

   1° Digastrique (*digastricus*) ;

   2° Stylohyoïdien (*stylohyoideus*) ;

   3° Mylohyoïdien (*mylohyoideus*) ;

   4° Géniohyoïdien (*geniohyoideus*).

b) Quatre muscles infrahyoïdiens abaissent l'os hyoïde et le larynx (Figure 14.19) :

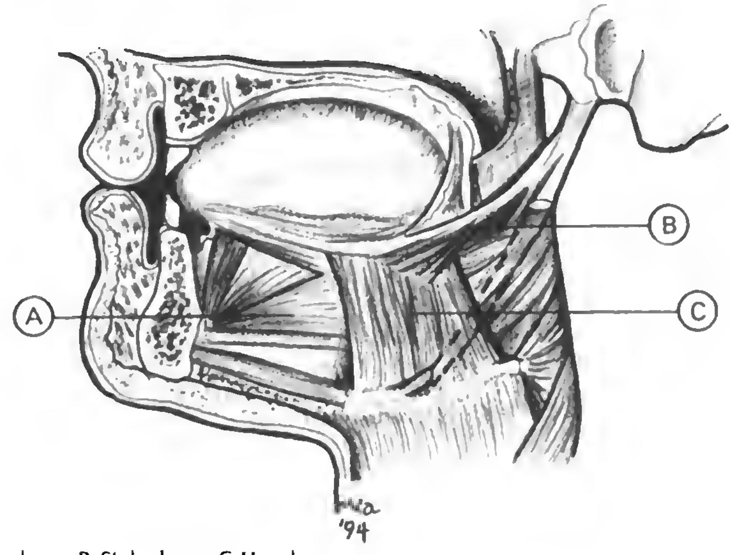
   1° Sternohyoïdien (*sternohyoideus*) ;

   2° Sternothyroïdien (*sternothyroideus*) ;

   3° Thyrohyoïdien (*thyrohyoideus*) ;

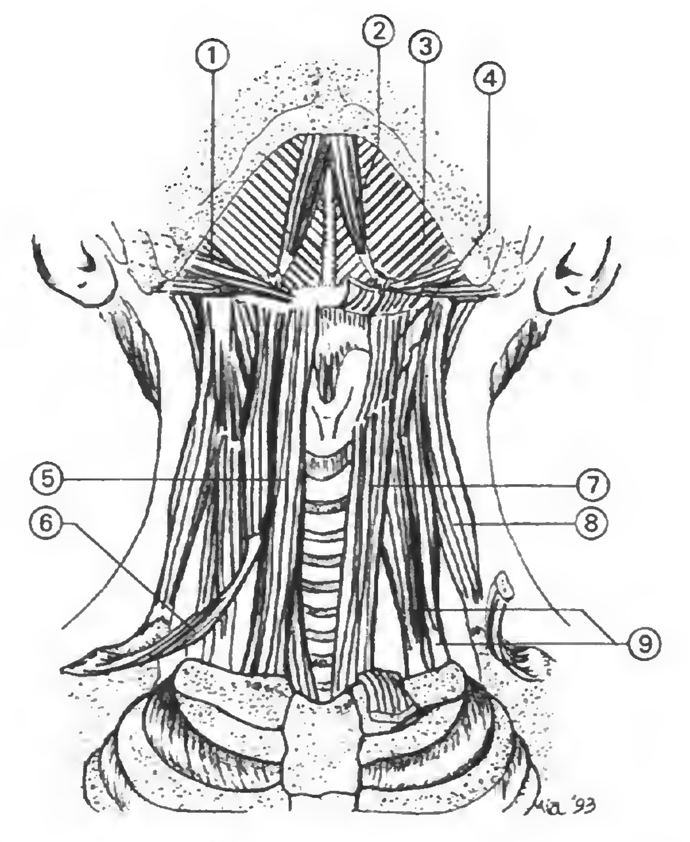
   4° Omohyoïdien (*omohyoideus*).

FIGURE 14.18 **Muscles extrinsèques de la langue**



A. Génioglosse ; B. Styloglosse ; C. Hyoglosse.

FIGURE 14.19 **Muscles du cou**



1. Stylohyoïdien; 2. Digastrique; 3. Mylohyoïdien; 4. Thyrohyoïdien; 5. Sternohyoïdien; 6. Omohyoïdien; 7. Sternothyroïdien; 8. Élévateur de la scapula; 9. Scalènes (antérieur et moyen).

Lésions de la tête

1. Traumatismes crâniens

Le traumatisme crânien est le résultat d'un choc accidentel, compliqué ou non de lésions de l'encéphale. Les traumatismes crâniens sont fréquents. Les accidents de la route en sont la principale cause, mais ils sont aussi provoqués par les chutes, des accidents au travail et dans les loisirs (cyclisme, hockey sur glace, boxe), des accidents domestiques et des agressions. Les traumatismes du crâne, avec ou sans fracture, représentent 80 % des accidents domestiques qui touchent les enfants (chute d'une table à langer, d'une chaise, d'un escalier, d'une bicyclette, etc.). Les traumatismes crâniens peuvent être source de lésions primaires (qui apparaissent immédiatement) ou secondaires (qui se manifestent quelques heures ou quelques mois après le choc). Il sera ici question plus particulièrement des lésions primaires associées à la pratique sportive.

Les lésions primaires sont osseuses ou encéphaliques.

a) Les lésions osseuses sont des fractures de la voûte du crâne (par choc direct) et de la base du crâne (par propagation du choc).

b) Les lésions de l'encéphale comprennent la commotion cérébrale, la contusion cérébrale et l'hématome sous-dural aigu.

La commotion cérébrale se traduit par des lésions diffuses de la substance blanche, lésions provoquées par le déplacement et l'étirement des structures nerveuses au moment de l'impact. La commotion cérébrale est responsable d'une perte de connaissance immédiate dont la durée est proportionnelle à l'intensité des lésions.

La contusion cérébrale se définit par une destruction de cellules nerveuses et des petits foyers de saignement. Les lésions de contusion peuvent survenir au point d'impact du choc ou du côté opposé si elles résultent d'un effet de contrecoup. Elles entraînent, en fonction de leur localisation, des troubles du comportement ou un léger déficit moteur, généralement sans gravité et réversibles.

L'hématome sous-dural aigu est une poche de sang collecté dans l'épaisseur des méninges. Il engendre rapidement une paralysie et des troubles de la conscience (somnolence pouvant aller jusqu'au coma).

Il faut toujours considérer comme graves les lésions crâniennes (que le blessé ait perdu connaissance ou non) puisque peuvent en découler des complications fatales.

Les pertes de connaissance sont de deux types.

a) Les pertes de connaissance dues à des lésions crâniennes qui surviennent au moment d'un choc à la tête (chute contre le sol ou collision).

b) Les pertes de connaissance (consécutives à un collapsus) qui sont dues, par exemple, à une défaillance de la circulation sanguine lors d'une course de longue distance, souvent sous une chaude température ambiante. La déshydratation qui entraîne une diminution du volume sanguin peut en être la cause.

Après un choc à la tête, il est toujours plus prudent de faire appel à un médecin et de se rendre rapidement à l'hôpital.

2. Blessures de la face

A. Fracture de la mandibule

À la suite d'un choc ou d'une chute, des gencives qui saignent, des dents brisées, des difficultés à mastiquer, à déglutir, une bouche entrouverte et salivante..., peuvent être l'indice d'une fracture de la mâchoire inférieure. On diagnostique surtout la fracture de la mâchoire dans les sports de contact (hockey sur glace, crosse, rugby, boxe, etc.). Dans bien des cas, une sensibilité locale se manifeste à l'avant de l'oreille.

B. Fracture du nez

Les fractures des os du nez touchent particulièrement les adeptes des sports de contact et les cavaliers. Par sa forme en saillie, le nez est sujet aux traumatismes,

source de douleurs et de déformations ; on traite chirurgicalement ces traumatismes. Les septoplasties corrigent les déviations de la cloison nasale. Ces fractures engendrent outre la déformation inesthétique, une gêne respiratoire préjudiciable à la pratique sportive.

C. Lésions des yeux

C.1 Érosion de la cornée

Une des blessures les plus fréquentes chez les sportifs est une petite plaie sur la cornée. Cette plaie peut être causée par un ongle, un corps étranger ou une lentille de contact. Si l'on soupçonne une plaie de la cornée, il faut consulter un médecin.

C.2 Inflammation de la conjonctive

Le blanc de l'œil résiste relativement bien aux blessures, mais les nageurs peuvent être atteints d'inflammation conjonctivale provoquée par le chlore dans l'eau des piscines. Cette inflammation peut également être causée par une hypersensibilité à la lumière du soleil. Elle est sans danger et on peut la soulager avec des gouttes ophtalmiques. Les nageurs peuvent prévenir cette inflammation en portant des lunettes protectrices.

Le saviez-vous ?

1. Le cerveau d'un être humain est trois fois plus gros que celui d'un singe de taille équivalente.
2. Rien dans le corps humain ne résiste mieux à la décomposition après la mort que les dents.
3. La mandibule est le seul os mobile du crâne ; elle s'articule de chaque côté avec l'os temporal, ce qui permet la mastication et la parole.
4. Le craniotabès est un ramollissement des os du crâne, provoqué par une calcification insuffisante.
5. En examinant le plancher de la voûte crânienne, on y remarque, à l'avant, une protubérance osseuse perpendiculaire aux lames criblées de l'ethmoïde. C'est la crista galli (crête de coq) qui constitue la partie supérieure de la lame verticale de la voûte.
6. L'os sphénoïde est par excellence la pièce de jonction entre plusieurs os du crâne et de la face. C'est probablement la pièce maîtresse du casse-tête formé par le crâne et la face.
7. C'est sur la partie supérieure du sphénoïde, au niveau de la selle turcique, que repose la glande hypophyse ou pituitaire, considérée comme le chef d'orchestre de notre organisme en matière glandulaire.
8. Le foramen magnum mesure environ 35 mm de long et 30 mm dans sa partie la plus large (Figure 14.2).

CHAPITRE 15

Analyse du mouvement humain

Introduction

La connaissance des divers constituants de l'appareil locomoteur humain s'avère pour plusieurs un objectif en soi. Même si elle demeure presque exclusivement théorique, cette connaissance devrait servir d'abord à l'enseignant, l'entraîneur, tout responsable de la préparation et du développement d'un athlète ou toute personne visant un développement moteur spécifique.

Les notions qui suivent sont le fondement d'un type d'analyse, connu sous le vocable « d'analyse cinésiologique », qui a pour but de saisir les nombreuses subtilités nécessaires à tout mouvement humain, aussi simple soit-il en apparence. Relativement simple à compléter, pareille analyse ne requiert pas absolument d'appareillages à la fine pointe de la technologie. Il est bien évident que, de cette manière, l'observateur-analyste n'obtiendra jamais des résultats aussi précis que ceux auxquels il parviendrait à l'aide de goniomètres (servant à mesurer les angles des articulations), d'électromyographes (indiquant le potentiel électrique des muscles étudiés), de la cinématographie, du vidéographe ou même de la photographie. Mais ces analyses rudimentaires permettront tout de même la correction de nombreux détails ou pourront servir à la préparation d'un programme d'entraînement musculaire adéquat, adapté aux besoins individuels.

Avant d'aborder cette forme d'analyse, voici quelques éléments de mécanique qui devraient permettre de mieux saisir diverses relations essentielles à la compréhension de l'analyse cinésiologique.

Définitions

Voici quelques définitions importantes pour une meilleure compréhension de la mécanique appliquée au mouvement (Norkin et Levangie, 1992).

a) **Axe de gravité** : ligne verticale (perpendiculaire au sol) et imaginaire qui passe par le centre de gravité du corps. Pour que le corps soit en équilibre, il faut que son axe de gravité demeure au-dessus ou à l'intérieur des limites extrêmes de la base de sustentation.

b) **Base de sustentation** : formée par les contours extérieurs des surfaces, elles sont en contact avec l'appui et délimitée par les droites qui joignent les points extrêmes.

c) **Centre de gravité** : point où est concentré le poids d'un corps, d'un segment ou d'un objet.

d) **Force** : tout ce qui est en mesure de modifier l'état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme d'un corps. Selon son mode d'action, la force est décomposable en composantes verticale et horizontale. Les quatre caractéristiques d'une force sont *sa grandeur, sa ligne d'action, son sens* et *son point d'application.*

e) **Forces internes** : forces des muscles qui agissent sur les segments osseux placés de part et d'autre d'une articulation mobile. Ce sont les véritables rouages actifs du mouvement.

f) **Forces externes** : poids des segments à déplacer, comme la gravité (qui agit toujours verticalement, vers le bas) ou toute autre surcharge extérieure.

Leviers

Le levier est une machine simple, composée d'une barre rigide et mobile autour d'un point d'appui (A), soumise à deux forces qui tendent à lui imprimer un mouvement : la *force puissance* (P) et la *force résistance* (R). Les muscles qui provoquent les mouvements du corps humain sont régis par les lois des leviers (Vandervael, 1966).

Barre rigide : segment osseux, os ou groupe d'os en cause.

Point d'appui : centre de l'articulation mobilisée (A).

Force puissance : point d'attache du muscle sur le segment mobile (terminaison) (P).

Force résistance : centre de gravité global du segment et de l'engin, s'il y a lieu (R).

Genres de leviers

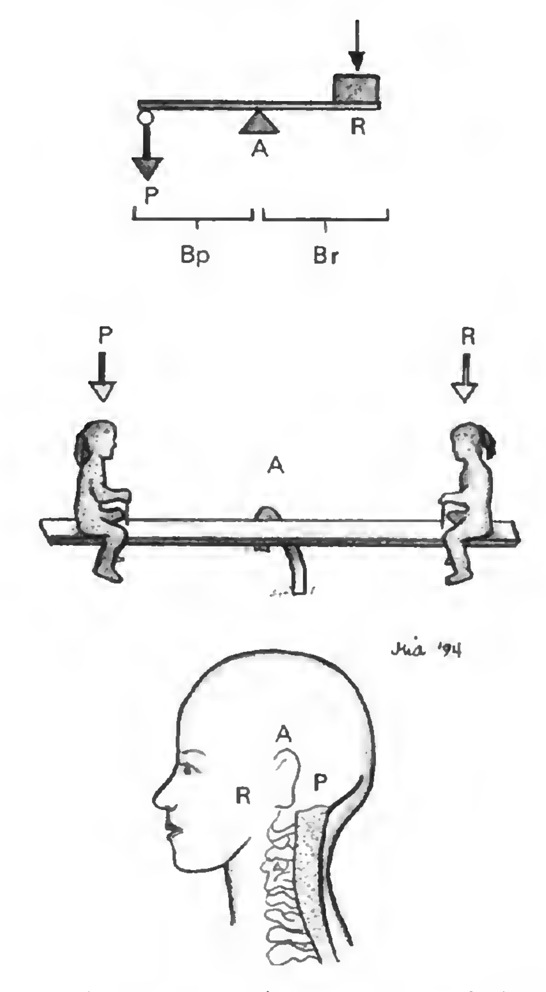
Il existe trois genres de leviers.

a) **Leviers du premier genre (Figure 15.1)** : dans les leviers du premier genre (leviers interappuis ou intermobiles), le point d'appui (A) se situe entre le point d'application de la force puissance (P) et celui de la force résistance (R). La balançoire appartient à cette catégorie de leviers. Dans l'organisme, l'hyperextension de la tête en est un exemple : l'articulation atlantooccipitale sert de point d'appui ; le poids de la tête (sphénoïde) incarne la résistance au mouvement et la force puissance est fournie par le muscle trapèze. Ce sont les leviers de l'équilibre.

b) **Leviers du deuxième genre (Figure 15.2)** : dans les leviers du deuxième genre (leviers interrésistants), la force résistance (R) se situe entre le point d'appui (A) et le point d'application de la force puissance (P). La brouette en est un exemple. L'extension du pied en constitue une application : dans ce cas, les orteils servent de point d'appui, supportent la force résistance, et la contraction des muscles postérieurs du mollet détermine une force puissance qui s'exerce sur le calcanéus. Ce sont les leviers de la force.

c) **Leviers du troisième genre (Figure 15.3)** : dans les leviers du troisième genre (leviers interpuissants), le point d'application de la force puissance (P) se situe

FIGURE 15.1 **Leviers du premier genre**



A. Appui ; P. Puissance ; R. Résistance ; Bp. Bras de puissance ; Br. Bras de résistance.

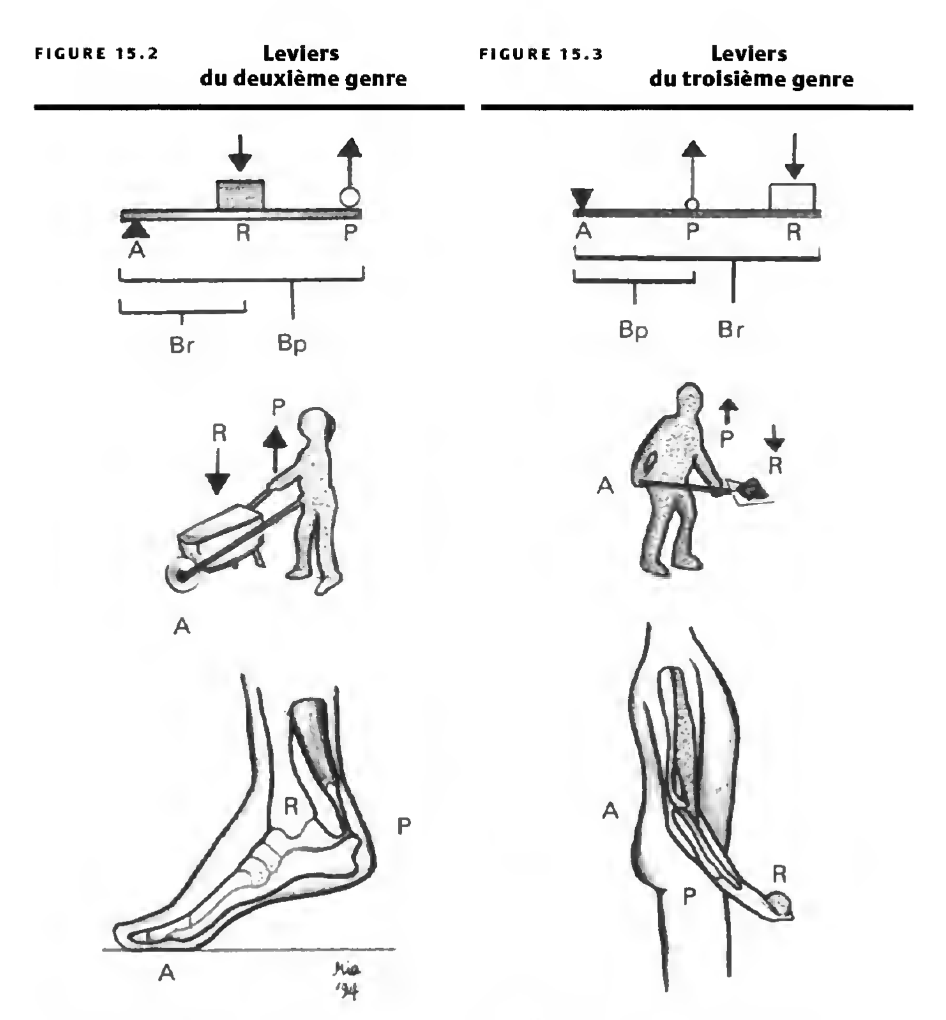
entre la force résistance (R) au mouvement et le point d'appui (A). Soulever une pelletée de terre est une application de ce genre de levier qui est le plus commun dans l'organisme. La flexion de l'avant-bras sur le bras en est un exemple : la force résistance se trouve au niveau de la main (engin), le point d'appui se situe au centre de l'articulation du coude et la force puissance est fournie par la contraction des muscles fléchisseurs de l'avant-bras. Ce sont les leviers de la vitesse.

Effets particuliers des leviers

Le *bras de levier* est la distance perpendiculaire (ou verticale) entre le point d'appui (A) et la direction de la force que détermine le muscle, ou la distance perpendiculaire entre le point d'appui (A) et la résistance offerte par une charge.

FIGURE 15.2 **Leviers du deuxième genre**

FIGURE 15.3 **Leviers du troisième genre**



A. Appui ; P. Puissance ; R. Résistance ;
Bp. Bras de puissance ; Br. Bras de résistance.

A. Appui ; P. Puissance ; R. Résistance ;
Bp. Bras de puissance ; Br. Bras de résistance.

Le *moment* d'une force est le produit de la multiplication de son intensité (exemple : charge en kilogrammes) par son bras de levier (exemple : distance en centimètres). Pour qu'un levier soit en équilibre, il faut que le moment de la puissance et celui de la résistance autour du point d'appui s'équivalent.

Le bras de levier de la puissance (Bp) est la section comprise entre le point d'appui (A) et le point où la force s'applique (P). Le bras de levier de la résistance (Br) est la portion du levier sise entre le point d'appui (A) et le point d'application de la résistance (R) (Figure 15.1). Un long Bp permet le déplacement de lourds poids avec une force réduite ; ce gain en force s'effectue par ailleurs au détriment de la vitesse et de l'amplitude du mouvement. Les leviers du deuxième genre, qui illustrent bien ces phénomènes (Figure 15.2), sont rares dans la mécanique humaine. Si le Br est plus long, il faudra exercer plus de force que de résistance, mais la vitesse et l'amplitude du mouvement en seront avantagées. Les leviers du troisième genre, fréquents chez l'être humain, en sont la preuve (Figure 15.3).

Centres de gravité des segments corporels

Voici quelques exemples de localisation du centre de gravité selon Vandervael (1966) (sur des cadavres).

Tête : niveau de la selle turcique (sphénoïde).

Tronc : face antérieure de la première vertèbre lombale.

Tronc-tête : face antérieure de la onzième vertèbre dorsale.

Bras : partie moyenne de l'humérus.

Main : épiphyse inférieure du deuxième métacarpien.

Avant-bras-main : tiers inférieur de l'avant-bras.

Membre supérieur entier : articulation du coude.

Cuisse : tiers supérieur interne du fémur.

Jambe : tiers supérieur postérieur du tibia.

Pied : côté interne de l'articulation talocrurale.

Jambe-pied : tiers inférieur du tibia.

Membre inférieur entier : bord postérieur du fémur, à environ 6 à 10 cm au-dessus de l'articulation du genou.

Contraction musculaire squelettique

On utilise normalement le terme « contraction » pour décrire le raccourcissement musculaire. Cependant, il existe différents types de contractions et elles ne s'accompagnent pas toutes d'une variation de longueur (Ästrand et Rodahl, 1980 ; Fox et Mathews, 1984).

Types de contraction

Fondamentalement, il existe deux types de contraction musculaire : la contraction isométrique (statique) et la contraction anisométrique (dynamique), toutes deux utilisées dans l'étude du fonctionnement des muscles.

a) Contraction isométrique : dans la contraction isométrique (iso : égal ; métrique : mesure), la longueur du muscle ne varie pas. Dans ce type de contraction, le muscle produit activement, sans toutefois raccourcir, une tension qu'il exerce sur un objet. Un bon exemple de contraction isométrique est la contraction des muscles du membre supérieur lorsqu'ils exercent une poussée contre un mur.

b) Contraction anisométrique : la contraction anisométrique (an : sans, privatif ; iso : égal ; métrique : mesure) modifie la longueur du muscle. On l'appelle aussi contraction dynamique parce qu'elle est responsable des mouvements et du travail musculaire (travail = force x déplacement). La contraction anisométrique ou isotonique d'un muscle squelettique peut produire deux genres

de mouvement : un mouvement concentrique et un mouvement excentrique. Le mouvement concentrique consiste en un raccourcissement musculaire. La flexion de l'avant-bras sur le bras à l'aide du biceps brachial est un exemple de mouvement concentrique. Le mouvement excentrique se caractérise par un allongement musculaire. Un bon exemple de ce genre de mouvement est l'extension du membre supérieur (« armé » pour le lancer où le grand pectoral est allongé).

La technologie dans le domaine de la musculation a conçu récemment des appareils (comme Nautilus, Cybex et Hydra Gym) qui développent une force ou une vitesse constantes dans toute l'amplitude du mouvement. Cette contraction est dite isocinétique.

Analyse du mouvement

L'expérience de l'observateur est déterminante dans ce type d'analyse. Un œil entraîné perçoit très rapidement, s'il y a lieu, les erreurs à corriger.

Il faut se rappeler que tout mouvement se compose de la succession de plusieurs phases ou de plusieurs parties et que, pour compléter une bonne analyse, on devra étudier chacune d'elles.

Phases d'un mouvement

Tout mouvement est décomposable en trois phases bien distinctes : la phase préparatoire, la phase d'exécution et la phase de convoyage (finale). L'exemple du tir frappé au hockey sur glace permettra de bien comprendre ces trois phases.

a) Phase préparatoire : de l'élan arrière, bâton tenu haut jusqu'au moment du contact de la lame avec la rondelle.

b) Phase d'exécution : de l'instant où le bâton touche la rondelle jusqu'au moment où la lame du bâton perd contact avec elle.

c) Phase de convoyage : de l'instant où la lame du bâton perd contact avec la rondelle jusqu'à l'amorce du geste suivant.

Ces trois phases distinctes sont toujours présentes et s'influencent souvent les unes les autres. Une mauvaise préparation se traduit parfois par une mauvaise exécution. L'erreur décelée par le bon observateur dans une phase du mouvement sera la conséquence d'une erreur commise dans la phase qui précède la perception de la faute. En d'autres mots, il est souvent facile de percevoir l'erreur en recourant à l'analyse, mais il est beaucoup plus difficile d'en trouver la cause exacte et d'y apporter le correctif approprié.

Justifications de l'analyse

Les raisons pour justifier ces analyses ne manquent pas aux personnes engagées dans l'entraînement des athlètes aussi bien amateurs que professionnels. L'analyse

permet avant tout de corriger le geste, de le perfectionner, d'économiser la dépense énergétique tout en améliorant la performance.

Procédure analytique

Il est bien entendu qu'avant de procéder à une analyse, il faut d'abord s'assurer que le système nerveux (qui innerve les muscles) et les vaisseaux sanguins (qui vascularisent les muscles) de la région concernée sont en parfait état, sans quoi il y aurait paralysie musculaire et, par conséquent, impossibilité de mouvement.

Pour toute analyse, la référence de base est la position anatomique définie au chapitre premier. Chaque étape de l'analyse se fera toujours en comparant chaque segment impliqué dans le mouvement à ce qu'il est en position anatomique.

Voici une analyse en quatre étapes essentielles auxquelles s'en ajoute une cinquième, qui, sans être primordiale, aide à mieux visualiser les exigences du mouvement.

1. Titre général du mouvement.
2. Description spécifique du mouvement en partant du point d'appui des divers segments.
3. Énumération des diverses phases du mouvement, en précisant le déplacement de chacun des segments en cause (flexion, adduction...).
4. Énumération des groupes musculaires (ou les principaux muscles) responsables, en précisant le genre de contraction en cause (en tenant compte de la gravité).
5. À l'aide de tableaux ou de figures, on indique :
   a) la sorte d'articulation en cause à ce niveau ;
   b) le genre de leviers pour les principaux muscles ;
   c) l'axe et le plan de déplacement de chacun des segments.

Le Tableau 15.1 précise les symboles utiles pour une analyse cinésiologique.

Exemple

Le mouvement simple à analyser est le suivant : *Couché dorsal, membres inférieurs allongés sur le sol.* L'analyse portera uniquement sur les membres inférieurs.

Cet exercice comporte quatre *phases* distinctes :

1) élévation des membres inférieurs à 30° du sol, jambes et pieds allongés ;
2) ouverture latérale des membres inférieurs ;
3) fermeture médiale des membres inférieurs ;
4) abaissement des membres pour reprendre la position de départ.

Le Tableau 15.2 récapitule l'analyse cinésiologique de ce mouvement. Comme les jambes et les pieds sont toujours dans la même position et suivent les mouvements

TABLEAU 15.1 **Symboles à utiliser dans une analyse cinésiologique**

Type de mouvement	Groupe musculaire	Genre de contraction	Axe	Plan	Genre de levier
Flexion (F)	Fléchisseurs (F)	Dynamique concentrique (DC)	Sagittal (S)	Frontal (F)	Premier (PAR)
Extension (E)	Extenseurs (E)	(DC)	Transversal (T)	Horizontal (H)	Deuxième (ARP)
Abduction (AB)	Abducteurs (AB)	Dynamique excentrique (DE)	Vertical (V)	Sagittal (S)	Troisième (APR)
Adduction (AD)	Adducteurs (AD)	(DE)			
Pronation (P) Supination (S)	Pronateurs (P) Supinateurs (S)	Statique (S)			
Rotation : droite (RD) gauche (RG) interne (RI) externe (RE)	Rotateurs : droits (RD) gauches (RG) internes (RI) externes (RE)				

FIGURE 15.4 **Geste technique spécifique en patinage de vitesse**

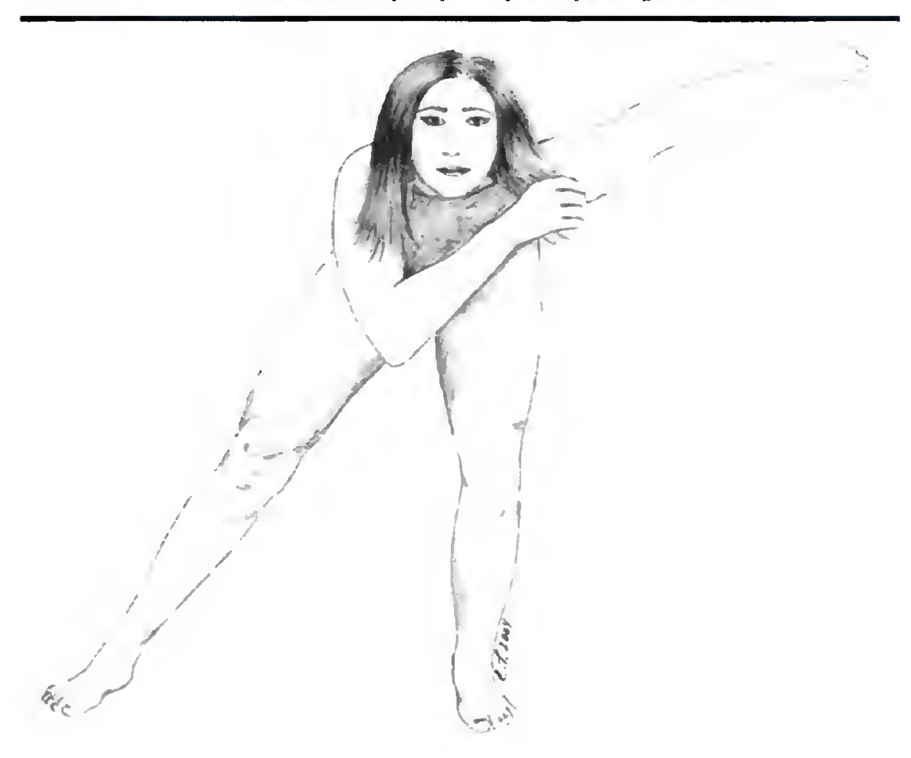


TABLEAU 15.2 **Analyse cinésiologique d'un mouvement simple**

Phases et segments	Mouvement	Groupe musculaire	Genre de contraction	Sorte d'articulation	Axe	Plan	Principaux muscles	Genre de leviers
1re phase								
a) cuisses	F	F	DC	coxofémorale (sphéroïde)	T	S	- psoasiliaque - droit de la cuisse - pectiné	APR APR APR
b) jambes	E	E	S	fémorotibiale (bicondylaire)	T	S	- quadriceps fémoral	APR
c) pieds	E	E	S	talocrurale (ginglyme)	T	S	- gastrocnémien - soléaire	APR APR
2e phase								
cuisses	AB F	AB F	DC S	coxofémorale (sphéroïde)	V	H	- moyen fessier + cf. a)	APR + cf. a)
3e phase								
cuisses	AD F	AD F	DC S	coxofémorale (sphéroïde)	V	H	adducteurs + cf. a)	APR + cf. a)
4e phase								
cuisses	E	F	DE	coxofémorale (sphéroide)	T	S	cf. a)	cf. a)

TABLEAU 15.3 **Analyse simplifiée d'un geste technique**

Nom de l'activité : Patinage de vitesse
Geste technique spécifique : Allure de train

Possibilité de Mouvement(s)	Mouvement(s) Segment(s) 1	2	3	Groupe(s) musculaire(s) 1	2	3	Genre(s) 1	2	3	Commentaire(s)
A) Squelette Axial										
Tête	E			E			DC			
Tronc	F			E			DE			
B) Squelette Appendiculaire										
a) Membre supérieur droit										
- Bras	F	AD	RI	F	AD	RI	DC	DC	DC	
- Avant-bras	F	RI		F	RI		DC	DC		
- Main	E	AD	RI	E	AB		S	DE		
- Doigts	F			F			DC			
b) Membre supérieur gauche										
- Bras	AB	E		AB	E		DC	DC		On suppose le bras légèrement vers l'arrière
- Avant-bras	E	RI		E	RI		S	DC		
- Main	E	RI		E			S			
- Doigts	F			E			DE			
c) Membre inférieur droit										
- Cuisse	AB	E	RE	AB	E	RE	DC	DC	DC	Cuisse légèrement vers l'arrière
- Jambe	E	RE		E			S			
- Pied	E	RE		E			DC			
d) Membre inférieur gauche										
- Cuisse	F			E			DE			
- Jambe	F			E			DE			
- Pied	E			E			S			

LEGENDE

Segments
Flexion : F
Extension : E
Abduction : AB
Adduction : AD
Pronation : P
Supination : S
Rotation
interne : RI
externe : RE
gauche : RG
droite : RD

Groupes musculaires
Fléchisseurs : F
Extenseurs : E
Abducteurs : AB
Adducteurs : AD
Pronateurs : P
Supinateurs : S
Rotateurs
internes : RI
externes : RE
gauches : RG
droits : RD

Contractions
Statique : S
Dynamique concentrique : DC
Dynamique excentrique : DE

de la cuisse, on ne les répète pas dans les phases 2, 3 et 4 du Tableau 15.2. Ils maintiennent la même contraction ; aucun déplacement musculaire ou segmentaire ne s'y opère.

Le Tableau 15.3 récapitule l'analyse d'un geste technique spécifique en patinage de vitesse (Figure 15.4). Cette analyse est plus simple que la précédente. Cependant, elle vous apporte des informations très pertinentes.

Vous pouvez utiliser l'une ou l'autre de ces analyses selon vos besoins en tant qu'éducateur ou entraîneur.

Le saviez-vous ?

1. La cinématique est la partie de la mécanique qui étudie le mouvement en faisant abstraction de ses causes.
2. L'inertie est le refus de changement d'état ; seule une force est capable de la produire.
3. La localisation du centre de gravité du corps entier varie non seulement selon les individus (suivant leur type morphologique, leur type racial, leur degré d'adiposité, etc.), mais aussi en fonction de la position du corps qui change de moment en moment.
4. Le tonus postural est l'état de contraction des muscles qui maintiennent les attitudes courantes, comme la station debout.
5. L'organisme ne se prête pas à des contractions purement isotoniques (iso : égal ; tonique : tension).
6. La biomécanique est la science qui applique les méthodes et les techniques de la mécanique à l'étude des êtres vivants.
7. Tout mouvement est le résultat du rapport qu'entretiennent les forces internes et externes.
8. L'échauffement des muscles avant un exercice assure une augmentation de la force de contraction musculaire. Ainsi la force de contraction sera-t-elle plus grande après plusieurs contractions.



Page laissée blanche

INDEX

Index des os

---

* Les nombres entre crochets renvoient au chapitre dans lequel l'os a été étudié.
** Les mots entre parenthèses précisent l'ancienne appellation.

Index des articulations

* Les nombres entre crochets renvoient au chapitre dans lequel l'articulation a été étudiée.

** Les mots entre parenthèses précisent l'ancienne appellation.

Index des muscles

---

* Les nombres entre crochets renvoient au chapitre dans lequel le muscle a été étudié.

** Les mots entre parenthèses précisent l'ancienne appellation.

Long fléchisseur de l'hallux [13] (long fléchisseur propre du gros orteil)
Long fléchisseur des orteils [13] (long fléchisseur commun des orteils)
Long fléchisseur du pouce [8]
Long palmaire [8] (petit palmaire)
Longissimus de la tête [9] (petit complexus)
Longissimus du cou [9] (transversaire du cou)
Longissimus du thorax [9] (long dorsal)
Masseter [14]
Mentonnier [14] (de la houppe du menton)
Moyen fessier [11] (moyen glutéal)
Multifides [9] (transversaire épineux)
Mylohyoïdien [14]
Oblique externe de l'abdomen [9] (grand oblique de l'abdomen)
Oblique interne de l'abdomen [9] (petit oblique de l'abdomen)
Occipitofrontal [14] (épicrânien d'Albinus)
Omohyoïdien [14] (sternocléidohyoïdien)
Opposant du petit doigt [8]
Opposant du petit orteil [13]
Opposant du pouce [8]
Orbiculaire de la bouche [14] (orbiculaire des lèvres)
Orbiculaire de l'œil [14] (orbiculaire des paupières)
Pectiné [11]
Petit fessier [11] (petit glutéal)
Petit pectoral [5]
Petit rond [6]
Petit zygomatique [14]
Plantaire [13] (plantaire grêle)
Platysma [14] (peaucier du cou)
Poplité [12]
Procérus [14] (pyramidal du nez)
Psoas [9] [11]
Ptérygoïdien latéral [14] (ptérygoïdien externe)
Ptérygoïdien médial [14] (ptérygoïdien interne)
Releveur de la lèvre supérieure [14]
Rhomboïdes [5]
Risorius [14] (muscle rieur)
Rond pronateur [7]
Rotateurs du rachis [9]
Rotateurs externes [11]
Sartorius [11] (couturier)
Scalènes [9]
Semiépineux de la tête [9] (grand complexus)

Page laissée blanche

BIBLIOGRAPHIE

ANTHONY, C.P. et THIBODEAU, G.A., *Structure and Function of the Body*, Toronto, Times Mirror – Mosby College Publishing, 1984, 371 p.

ÅSTRAND, P.-O. et RODAHL, K., *Précis de physiologie de l'exercice musculaire*, New-York, Masson, 1980, 507 p.

BARHAM, J.N. et WOOTEN, E.P., *Structural Kinesiology*, New-York, The Macmillan Company, 1973, 376 p.

BASMAJIAN, J.V., *Anatomie*, 7e éd., Paris, Maloine, S.A., Éditeur, 1977, 461 p.

BATTISTA, E., DUMAS, P. et MACORIGH, F., *Soins du sportif*, Paris, Éditions Bornemann, 1969, 283 p.

BÉNASSY, J., *Traumatologie sportive*, 2e éd., Paris, Masson, S.A., 1981, 196 p.

BRESSE, G., *Morphologie et physiologie animales*, Paris, Librairie Larousse, 1968, 1 056 p.

CASTAING, J., « 1. Le complexe de l'épaule », dans *Anatomie fonctionnelle de l'appareil locomoteur*, J. Castaing et Ph. Burdin (dir.), Paris, Éditions Vigot, 1979a, 47 p.

CASTAING, J., « 2. La prosupination », dans *Anatomie fonctionnelle de l'appareil locomoteur*, J. Castaing et Ph. Burdin (dir.), Paris, Éditions Vigot, 1979b, 29 p.

CASTAING, J., « 3. Les doigts », dans *Anatomie fonctionnelle de l'appareil locomoteur*, J. Castaing et Ph. Burdin (dir.), Paris, Éditions Vigot, 1979c, 41 p.

CASTAING, J., « 4. La hanche », dans *Anatomie fonctionnelle de l'appareil locomoteur*, J. Castaing et Ph. Burdin (dir.), Paris, Éditions Vigot, 1979d, 65 p.

CASTAING, J. et BURDIN, Ph., « 5. Le genou », dans *Anatomie fonctionnelle de l'appareil locomoteur*, J. Castaing et Ph. Burdin (dir.), Paris, Éditions Vigot, 1979, 83 p.

CASTAING, J. et DELPLACE, J., « 6. La cheville », dans *Anatomie fonctionnelle de l'appareil locomoteur*, J. Castaing et Ph. Burdin (dir.), Paris, Éditions Vigot, 1979, 53 p.

CASTAING, J. et SANTINI, J.J., « 7. Le rachis », dans *Anatomie fonctionnelle de l'appareil locomoteur*, J. Castaing et Ph. Burdin (dir.), Paris, Éditions Vigot, 1960, 111 p.

CHEVREL, J.P., GUÉRAUD, J.P. et LÉVY, J.B. *Anatomie générale*, 3e éd., Paris, Masson, S.A., 1983, 189 p.

FORTIER, J.-C., *Orthopédie*, Ottawa, Éditions du Renouveau Pédagogique inc., 1966, 48 p.

FOX, E.L. et MATHEWS, D.K., *Bases physiologiques de l'activité physique*, Montréal, Décarie Éditeur, 1984, 404 p.

GARDNER, W.D. et OSBURN, W.A., *Anatomy of the Human Body*, Third Edition, Toronto, W.B. Saunders Company, 1978, 563 p.

GREEN, J.H. et SILVER, P.H.S., *Manuel d'anatomie humaine*, New-York, Masson, 1986, 418 p.

HOLE, J.W. et KOOS, K.A., *Human Anatomy*, Wm. C. Brown Publishers, 1991, 652 p.

JACOB, S.W. et FRANCONE, C.A., *Structure and Function in Man*, Second Edition, Toronto, W.B. Saunders Company, 1970, 591 p.

KAHLE, W., LEONHARDT, H. et PLATZER, W., *Anatomie 1, Appareil locomoteur*, 2e éd., Paris, Flammarion, coll. « Médecine-Sciences », 1988, 434 p.

KAMINA, P., *Dictionnaire Atlas d'anatomie*, 3 vol., Paris, Maloine, S.A., Éditeur, 1983, 1 843 p.

KATCH, F.I. et MCARDLE, W.D., *Nutrition, masse corporelle et activité physique*, 2e éd., Paris, Vigot Éditions, 1985, 278 p.

LABRECQUE, L., *Mes pieds*, Saint-Nazaire (Québec), Les Éditions JCL inc., 1985, 119 p.

LOGAN, G.A. et MCKINNEY, W.C., *Kinesiology*, Wm. C. Brown Company Publishers, 1970, 328 p.

MARIEB, E.N. *Anatomie et physiologie humaines*, Deuxième Édition, Saint-Laurent (Québec), Éditions du Renouveau Pédagogique inc., 1999, 1 194 p.

MCCLINTIC, J.R., *Human Anatomy*, Toronto, The C.V. Mosby Company, 1983, 542 p.

NORKIN, C.C. et Levangie, P.K., *Joint Structure and Function : A Comprehensive Analysis*, Second Edition, Philadelphie, F.A. Davis Company, 1992, 512 p.

OLIVIER, G., « Ostéologie et arthrologie, Fascicule 1 : Le squelette appendiculaire », dans *Anatomie, schémas de travaux pratiques*, Paris, Éditions Vigot, 1979, 113 p.

PÉPIN, Marie-Andrée, *Systèmes osseux et musculaire*, Montréal, Décarie Éditeur, 1981, 123 p.

PERROTT, J.W., *Anatomie*, Paris, Éditions Vigot, 1984, 496 p.

PETERSON, L. et RENSTRÖM, P., *Manuel de sportif blessé*, Ville Mont-Royal (Québec), Éditions Décarie, 1986, 471 p.

POIRIER, J., COHEN, I. et BERNAUDIN, J.-F., *Histologie humaine, Fascicule 1*, 3e éd., Paris, Maloine, S.A., Éditeur, 1979, 104 p.

POIRIER, J., COHEN, I. et BERNAUDIN, J.-F., *Histologie humaine, Fascicule 2*, 3e éd., Paris, Maloine, S.A., Éditeur, 1980, 88 p.

RASCH, P.J. et BURKE, R.K., *Kinesiology and Applied Anatomy*, Sixth Edition, Philadelphie, Lea & Febiger, 1978, 496 p.

SEGUY, B., « Anatomie, Fascicule 1 », dans *Dossiers médico-chirurgicaux de l'infirmière*, 3e éd., Paris, Maloine, S.A., Éditeur, 1984, 139 p.

SHEPARD, R.J., *Physical Activity and Aging*, Chicago, Year Book Medical Publishers, Inc., 1978, 353 p.

SPENCE, A.P. et MASON, E.B., *Anatomie et physiologie : une approche intégrée*, Montréal, Éditions du Renouveau Pédagogique inc., 1983, 855 p.

THOMPSON, C.W., *Initiation à l'anatomie du mouvement*, Paris, Éditions Vigot, 1993, 170 p.

TORTORA, G.J. et Grabowski, S.R., *Principes d'anatomie et de physiologie*, Montréal, Centre Éducatif et Culturel inc., 1994, 1 204 p.

VAN de GRAAFF, K.M., *Human Anatomy*, Second Edition, Dubuque (Iowa), Wm. C. Brown Publishers, 1988, 800 p.

VANDERVAEL, F., *Analyse des mouvements du corps humain*, 5e éd., Liège, Éditions Desoer, 1966, 168 p.

WEINECK, J., *Anatomie fonctionnelle du sportif*, Paris, Masson, S. A., 1985, 201 p.

WELLS, K.F., *Kinesiology*, Fifth Edition, Toronto, W.B. Saunders Company, 1971, 564 p.

TABLE DES MATIÈRES

Autres titres disponibles aux Presses de l'Université de Montréal

Alimentation et vieillissement
Guylaine Ferland

L'approche systémique en santé mentale
Sous la direction de Louise Blanchette

L'art de soigner en soins palliatifs
Perspectives infirmières
Claudette Foucault

L'avènement de la médecine clinique moderne en Europe 1750-1815
Othmar Keel

Chronopharmacologie
Rythmes biologiques et administration des médicaments
Sous la direction de Gaston Labrecque et Marcelle Sirois-Labrecque

Comprendre le suicide
Brian L. Mishara et Michel Tousignant

Les construits personnels
De la théorie à l'application clinique
Kieron P. O'Connor et Geoffrey H. Blowers

Le développement du concept de soi de l'enfance à la vieillesse
René L'Écuyer

Endocrinologie
Ronald Matte et Raphaël Bélanger

L'enfant et le stress familial
Sous la direction de Anna-Beth Doyle *et al.*

Enjeux éthiques et technologies biomédicales
Jocelyne Saint-Arnaud

L'éthique de la recherche
Guide pour le chercheur en sciences de la santé
Hubert Doucet

L'éthique et le droit
Face aux nouvelles technologies biomédicales
Guy Bourgeault

Éthique et soins infirmiers
Sous la direction de Danielle Blondeau

Être ou ne pas être en bonne santé
Biologie et déterminants sociaux de la maladie
Sous la direction de Robert G. Evans *et al.*

Guide thérapeutique en médecine interne
Sous la direction de Richard Gauthier

Histoire de l'éthique médicale et infirmière
Guy Durand *et al.*

Introduction à la pharmacoéconomie
Anne Crochard-Lacour et Jacques Le Lorier

Maladies thrombo-emboliques veineuses
Jean-Victor Patenaude

Les maladies transmissibles sexuellement
Sous la direction de Fernand Turgeon et Marc Steben

Le modèle ludique.
Le jeu, l'enfant avec déficience physique et l'ergothérapie
Francine Ferland

Pneumologie clinique
Sous la direction de Jean-Jacques Gauthier *et al.*

Pour un cerveau catégoriel
Bruno Cardu

Pour un nouvel art de vivre.
Entretiens sur la vie, la santé, l'éthique biomédicale et l'éducation
Daisaku Ikeda, René Simard et Guy Bourgeault

Précis d'anesthésie et de réanimation
Sous la direction de Joanne Guay

Profession infirmière
Une histoire des soins dans les hôpitaux du Québec
YOLANDE COHEN

Prokaryotology. A Coherent View
SORIN SONEA et LÉO G. MATHIEU

Les psychotropes
Pharmacologie et toxicomanie
Sous la direction de
LOUIS LÉONARD et MOHAMED BEN AMAR

Les quatre A de l'odonto-pharmacologie
SOLANGE SIMARD-SAVOIE

La santé des adolescents
Sous la direction de
PIERRE-ANDRÉ MICHAUD *et al.*

La santé publique au Québec
Histoire des unités sanitaires de comté 1926-1975
GEORGES DESROSIERS *et al.*

Les sciences infirmières : genèse d'une discipline
Sous la direction de YOLANDE COHEN *et al.*

Le système de santé québécois
Sous la direction de CLERMONT BÉGIN *et al.*

La thérapie familiale apprivoisée
CLAUDE VILLENEUVE et ANGELES TOHARIA

Traité de biopharmacie et pharmacocinétique
Sous la direction de
PIERRE-PAUL LEBLANC *et al.*

Zoonoses parasitaires
ALAIN VILLENEUVE



Page laissée blanche



Québec, Canada
2004